

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**

**Selección de portalones eficientes para un arte de arrastre de  
crustáceos prototipo en base a simulación dinámica**

**Proyecto para optar al título de Ingeniero Pesquero  
por  
Rodrigo Nicolás Molina González**

**Valparaíso  
2013**

**Comisión del Proyecto de Título:**

Profesor Guía : Sr. Dante Queirolo P.

Profesor : Sr. Felipe Hurtado F.

Profesor : Sr. Erick Gaete A.

## **AUTORIZACIÓN DE USO**

Al presentar este proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Pesquero, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

Sin mi consentimiento escrito, no se permitirán reproducciones con propósitos comerciales o con fines de lucro.

Rodrigo Nicolás Molina González

## **DEDICATORIA**

*A mi familia, por su apoyo incondicional en la trayectoria de esta meta, de no haber sido por ustedes, el logro de esto hubiera sido mucho más difícil, gracias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a mi profesor guía, señor Dante Queirolo, por su gran disposición y gran conocimiento aportado en el desarrollo del documento, además de su apoyo incondicional.

A los integrantes del grupo TECPES, Ivonne, Erick y Mauricio, por el ambiente grato que tuvieron cuando trabajaba en su oficina en el documento.

A los profesores de la Escuela de Ciencias del Mar, PUCV; por las herramientas entregadas en mi formación profesional.

A mis compañeros de Ingeniería Pesquera; por la amistad y apoyo recíproco entre nosotros, a lo largo de nuestro camino.

Finalmente a mi familia, ya que no hay mayor gratitud que hacia ellos, por todo el apoyo brindado durante mi periodo estudiantil.

## RESUMEN

La pesquería de arrastre de crustáceos en Chile utiliza artes de pesca que vienen siendo utilizados desde hace ya varias décadas, por lo que la utilización de nuevas herramientas y tecnologías haría la operación más sostenible y rentable, en este caso, mediante la selección de un portalón eficiente. Se recopiló información relevante para el estudio de los portalones, para luego realizar la simulación dinámica con el programa DynamiT, basado en el método de elementos finitos, obteniéndose el desempeño de la red y las fuerzas que se generan. En el proyecto se identificaron diferentes diseños de portalones posibles de ser empleados con una red de arrastre prototipo, realizándose un cuadro comparativo para las características de cada uno de los diseños. A partir de lo anterior, se seleccionaron seis modelos de portalones disponibles a nivel internacional para realizar la simulación y su posterior análisis. Se logró evaluar una reducción de la resistencia total del remolque cercana a un 15% en sustrato arena fina y en torno a 13% en arena gruesa/grava. Por otra parte, se evaluó una reducción de la reacción con el fondo de 69,2% para sustrato arena fina y 71,6% en sustrato arena gruesa/grava; todo lo anterior para el modelo de portalón V3. Se concluyó que el portalón más eficiente en términos hidrodinámicos y de desempeño, específicamente en términos de reducción de fuerzas de tracción y contacto con el fondo, correspondió al portalón oval en V con *foils* modelo V3.

## ABSTRACT

The crustacean trawl fishery in Chile, uses fishing gear that has been used for several decades. The use of new tools and technologies would make more sustainable and profitable operation. For example, selection of an otterboard. Relevant information was collected for the study of the otterboards. Then a dynamic simulation was performed. DynamiT software is based on finite element method, thus obtaining the trawl performance and the forces that are generated. The study identified different possible designs of otterboards to be used for a prototype trawl, and performed a comparative table of these designs. From the above, we selected six models of otterboards available internationally for the simulation and analysis. We accomplished a reduction of the total resistance of the trawl that borders a 15% on fine sand substrate and bordering worth 13% coarse sand, gravel. On the other hand there was a reduction of the reaction with the bottom of 69.2% for fine sand substrate and 71.6% on gravel substrate. All the above accomplished by the otterboard model V3. It was concluded that the most efficient otterboard in terms hydrodynamic and performance, specifically in terms of reduced traction and bottom contact, corresponded to the oval in V otterboard with foils V3 model.

## ÍNDICE

Comisión del Proyecto de Título:.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
3.1. Pesquerías.....	3
3.1.1. Langostino amarillo.....	3
3.1.2. Langostino colorado.....	4
3.1.3. Camarón nailon.....	4
3.1.4. Gamba.....	5
3.2. Red actual utilizada por la pesquería y alternativa de cambio.....	5
3.3. Portalones.....	6
3.3.1. Evolución del arte de arrastre.....	6
3.3.2. Características de los portalones.....	8
3.3.3. Construcción y funcionamiento del portalón.....	9
3.3.4. Tipos comunes de portalones de fondo.....	9
3.5. Condiciones operacionales.....	13
3.6. Contacto con el fondo y fuerza de reacción.....	14
3.7. Resistencia hidrodinámica del arte.....	14
3.8. Fuerzas en el portalón.....	15
3.9. Simulación dinámica empleando el programa DynamiT.....	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1. Recopilación de la información de la red prototipo.....	19
4.2. Comparación de portalones utilizados por flota internacional.....	21
4.3. Ingreso de datos para la simulación usando DynamiT.....	21

Paneles .....	21
Cuerpos .....	21
Estructuras .....	22
Flotadores .....	22
Cables estándares y cables de cala .....	22
Embarcación, posición del cable de cala .....	22
Portalones .....	22
Parámetros de operación.....	22
4.4. Simulación .....	23
4.5. Salidas del programa, valores de referencia para el rediseño o aceptación .....	23
4.5.1. Variables de comparación para operación eficiente .....	23
4.5.2. Variables de decisión.....	24
4.6. Redimensionamiento de los portalones .....	24
4.7. Análisis de las variables de decisión.....	25
5. RESULTADOS .....	27
6. DISCUSIÓN.....	36
7. CONCLUSIONES.....	40
8. BIBLIOGRAFÍA .....	41
Referencias Electrónicas.....	44
9. ANEXOS .....	45
ANEXO I. Ingreso de datos software de simulación dinámica, DynamiT.....	45
ANEXO II. Tablas de comparación de posición (ranking) de portalón en grado de eficiencia vs. Relación de aspecto.....	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arte de arrastre de boca fija. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	7
Figura 2. Ejemplo de una red de arrastre de fondo con malletas y estándares. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	8
Figura 3. Portalón rectangular plano. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	10
Figura 4. Portalón rectangular curvado. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	11
Figura 5. Portalón ovalado polivalente. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	12
Figura 6. Portalón rectangular en V. Fuente: Fisheries Research Service (2004). .....	13
Figura 7. a) Fuerzas que actúan sobre el portalón; b) Triángulo de equilibrio de fuerzas Fuente: Seafish, IFREMER and DIFTA (1993). .....	15
Figura 8. Fuerzas resistivas y de abertura del portalón. Fuente: Seafish, IFREMER and DIFTA (1993). .....	16
Figura 9. Fases para la simulación dinámica de redes de arrastre: i) dibujo del plano, ii) ingreso de estructuras, iii) unión de componentes y cuerpos, y iv) simulación dinámica según parámetros de operación. ....	17
Figura 10. Diagrama de flujo, metodología utilizada en el estudio. ....	26
Figura 11. Portalones utilizados en la simulación. a) Ovalfoil; b) Polifoil; c) V3; d) Polivalente oval; e) W horizontal tipo estrella; f) Reference Vee. ....	30
Figura 12. Herramienta DynamiT, Netting Panel Fuente: DynamiT. ....	45
Figura 13. Herramienta DynamiT, Netting section Fuente: DynamiT .....	45
Figura 14. Herramienta Netting section “Alas” Fuente: DynamiT. ....	46
Figura 15. Herramienta DynamiT, Strengthening rope Fuente: DynamiT .....	46
Figura 16. Herramienta DynamiT, Add float Fuente: DynamiT .....	47
Figura 17. Herramienta DynamiT, Steel wire rope/Rope/Rigid bar Fuente: DynamiT. ....	47
Figura 18. Herramienta DynamiT, Warp block position Fuente: DynamiT .....	48
Figura 19. Herramienta DynamiT, Otter board Fuente: DynamiT .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre las principales características de la red tradicional utilizada por la flota y la red prototipo “Javiera-S41” evaluada en el marco del proyecto FIP N° 2006-20.....	6
Tabla 2. Características de los paños que conforman la red usados en la simulación.....	19
Tabla 3. Características de los cabos y estructuras usados en el arte de pesca. ....	19
Tabla 4. Características de los flotadores considerados en el arte de pesca. ....	20
Tabla 5. Características de los cables, utilizada en la simulación. ....	20
Tabla 6. Comparación de diseños de portalones. *corresponde a la información de ese portalón puntualmente (Seafish <i>et al.</i> , 1993).....	28
Tabla 7. Portalones utilizados por la flota de Dinamarca, Francia, Reino Unido e Irlanda (Seafish <i>et al.</i> , 1993).....	29
Tabla 8. Información de portalones de 440 kg utilizados en la simulación. ....	30
Tabla 9. Resultados obtenidos en la simulación, con portalones de 440kg, en fondo Arena fina .....	31
Tabla 10. Resultados obtenidos en la simulación, con portalones de 440kg, en fondo Arena gruesa/grava.....	32
Tabla 11. Redimensionamiento de portalones utilizados en la simulación .....	33
Tabla 12. Resultados finales simulación en arena fina, con portalones redimensionados. IRRF: índice relativo de reacción con el fondo. IRTR: índice relativo de tensión del remolque. ....	34
Tabla 13. Resultados finales simulación en arena gruesa/grava, con portalones redimensionados. IRRF: índice relativo de reacción con el fondo. IRTR: índice relativo de tensión del remolque.....	35

## 1. INTRODUCCIÓN

En las pesquerías de crustáceos en Chile se utilizan redes de arrastre de fondo orientadas principalmente a cuatro recursos objetivo: camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), langostino amarillo (*Cervimunida johni*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y, a un nivel menor, gamba (*Haliporoides diomedea*). Desde el punto de vista histórico, en la década de 1950 la pesquería de langostino amarillo se inició como una alternativa a la pesquería de arrastre de merluza común, y posteriormente, la de camarón nailon como una alternativa a esta última luego que decayeran sus desembarques a partir de 1967 (SUBPESCA, 2003).

El contexto mundial de los artes de arrastre muestra un camino disímil del contexto nacional, en donde se ha apreciado un esfuerzo permanente por mejorar la eficiencia operacional y cuidado del medio ambiente, partiendo de la base y considerando que este arte de pesca se basa intrínsecamente en el contacto con el fondo marino. En este sentido, la introducción de nuevas tecnologías en los materiales de las redes ha permitido dar un paso cualitativo, en términos de mejorar la operación (Queirolo *et al.*, 2010).

Por esto, es de gran importancia en un arte de arrastre de crustáceos la correcta selección de los materiales empleados en su construcción y componentes utilizados en este. Con una correcta selección de los portalones se puede influir en el desempeño de la red (APA), reducción de la resistencia hidrodinámica y una reducción del contacto con el fondo (roce), además de obtener beneficios indirectos, no abordados en el estudio, como la reducción en el impacto ambiental y reducción de costos asociados al consumo de combustible. Con todos estos elementos es posible entonces, mejorar la eficiencia en la operación en cuanto a capturas, menores resistencias al remolque y menores impactos sobre el fondo marino.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Seleccionar portalones eficientes para un arte de arrastre prototipo para la captura de crustáceos demersales, mediante el uso de una herramienta de simulación dinámica.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar y comparar diseños de portalones que pueden ser utilizados en un arte de arrastre de crustáceos prototipo.
- Seleccionar el portalón más eficiente mediante la comparación de resultados de las simulaciones dinámicas, en términos de resistencia hidrodinámica y contacto con el fondo marino.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Pesquerías

Parte de la flota crustacera Chilena utiliza redes de arrastre de fondo orientadas a cuatro recursos objetivo: camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), langostino amarillo (*Cervimunida johni*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y, a niveles de desembarque mucho menor, gamba (*Haliporoides diomedae*). Desde el punto de vista histórico, en la década de 1950 la pesquería de langostino amarillo se inició como una alternativa a la pesquería de arrastre de merluza común, y posteriormente, la de camarón nailon como una alternativa a esta última luego que decayeran sus desembarques a partir de 1967 (SUBPESCA, 2003).

Un tercio de las pesquerías mundiales se encuentran sobreexplotadas, agotadas o en recuperación (FAO, 2010). En el caso de la pesquería de crustáceos, enfocada principalmente a las tres especies antes mencionadas: langostino amarillo, langostino colorado y camarón nailon, se encuentran en plena explotación (camarón nailon, langostino amarillo pesquería norte III – IV regiones, y langostino colorado pesquería norte XV – IV regiones) y en recuperación (langostino amarillo pesquería sur V – VIII regiones, y langostino colorado pesquería sur V – VIII regiones). Las pesquerías en estado y régimen de plena explotación se encuentran con acceso cerrado (D.Ex. No 880/2008 y Res. No 1834/2008) y (D.Ex. No 542/2008 y Res. No 1343/2008). En el caso de pesquerías en recuperación, se han permitido permisos extraordinarios de pesca (D.Ex. No 1625/2007) para langostino amarillo y para langostino colorado licitándose derechos de captura mediante subasta pública.

##### 3.1.1. Langostino amarillo

Las actividades extractivas de langostino amarillo se llevan a cabo en dos unidades de pesquería, desembarcándose 4734 ton entre ambas en el año 2011. Así, la Unidad de Pesquería Norte (Regiones de Atacama y Coquimbo) concentró la extracción a partir de 2001 al 2005, debido a la veda del recurso desde la Región de Valparaíso al sur, posterior a esto se observó una recuperación en los rendimientos de pesca alcanzando 1.301 kg/ha (kilogramos/hora de arrastre) en la Pesquería sur y rendimientos de 1.079 kg/ha en la pesquería norte en el año 2009.

En la actualidad, los desembarques de langostino amarillo muestran una leve recuperación, la que contrasta con la sostenida caída observada hasta 2002, aunque las cuotas asignadas anualmente aún no son completamente desembarcadas por la flota. Respecto del esfuerzo de pesca, éste ha alcanzando 4.468 horas de arrastre en 2009, los rendimientos de pesca (CPUE) en tanto muestran incrementos, alcanzando 2.380 kg/ha durante 2009 para ambas unidades de pesquería (IFOP, 2009).

Por su parte, la talla media de los ejemplares de langostino amarillo, presentó a partir del año 2002 un incremento en sus valores, desde 29,1 hasta 34,7 mm LC durante el año 2004 y luego ha aumentado hasta 36,5 mm LC en el 2009 (IFOP, 2009).

### 3.1.2. Langostino colorado

Los niveles de desembarque de langostino colorado se han mantenido por debajo de la cuota asignada en torno a 1.000 t. En este sentido, cabe indicar que a partir del 2001, y dada la detección de disminuciones importantes en su disponibilidad, el recurso se encuentra en veda extractiva en su Unidad de Pesquería Sur (V a VIII Regiones).

En la Unidad de Pesquería Norte en tanto, si bien el área de cobertura ha presentado una disminución paulatina desde el 2001, registrándose entre 2000 y 2002, desembarques entre 1600 y 2.500 t, los que posteriormente disminuyen alcanzando un promedio de 900 t. En los últimos tres años se evidenció una tendencia decreciente en el área de cobertura desde 131 mn2 en 2007. En el año 2009 el desembarque registrado fue de 683,5 t en un área de cobertura de 21 mn2, concentrándose la actividad extractiva en el sector norte de la IV Región y con escasa actividad en otras zonas (IFOP, 2009).

Por su parte, los rendimientos de pesca entre los años 1998 y 2006 han presentado fluctuaciones, desde 400 hasta 600 kg/ha, alcanzando 1.482 kg/ha en 2009. Respecto a las composiciones de tallas anuales para el recurso, entre 2003 y 2005 se incrementaron con una talla media para machos de 33,15 mm LC y de 31,33 mm LC para hembras en el año 2009.

### 3.1.3. Camarón nailon

Los desembarques de camarón nailon han presentado importantes variaciones en los niveles de estos en las últimas décadas, con volúmenes anuales en torno a 10.000 toneladas a mediados de los noventa, disminuyendo en los años posteriores encontrándose actualmente en torno a las 5.000 toneladas (SERNAPESCA, 2011). Este hecho, unido a evidencias de disminuciones en su disponibilidad, motivó el establecimiento de una veda extractiva para la especie objetivo en 2001, desde la Región de Valparaíso al sur, a fin de preservar el stock.

El desembarque mínimo se registró el año 2003 (3.022 t), y posteriormente se han registrado incrementos anuales, llegando a 4.503 t en 2011. Consecuentemente, disminuyeron tanto el área de cobertura de la flota y el esfuerzo de pesca, indicadores que alcanzaron 1.366 mn2 y 13.849 horas de arrastre total, respectivamente, en 2009.

Respecto de los rendimientos de pesca, estos se han incrementado desde 2002, alcanzando un promedio de 272 kg/ha en 2009 para la zona centro-norte, y un promedio de 429 kg/ha en 2009 para la zona centro-sur. Con respecto a las tallas medias para ambos sexos, se produjo una disminución paulatina desde 1998 hasta el año 2004, llegando a una longitud de 23,3 mm LC, evidenciando una tendencia opuesta en la proporción de hembras inmaduras,

registrando en este mismo año un 50% de hembras inmaduras en las capturas. En los siguientes años tiende a aumentar la longitud media, capturando en el año 2009 ejemplares de 25 mm LC en promedio y una proporción de hembras inmaduras de 35% (IFOP, 2009).

#### 3.1.4. Gamba

Su desembarque máximo fue 618 t en 2003, disminuyendo hasta 41 t en 2011. Esto es consecuente con la disminución del esfuerzo de pesca y la tendencia decreciente de la talla promedio de los ejemplares capturados, aunque el 2006 se observa una aparente recuperación en la talla media para ambos sexos, en torno a los 35 mm LC para machos y 37 mm LC para hembras (Zilleruelo *et al.*, 2007).

### **3.2. Red actual utilizada por la pesquería y alternativa de cambio**

La red tradicional en las pesquerías de crustáceos demersales corresponde a una red construida principalmente con paños de poliamida (PA), con una longitud total que oscila entre 20 y 33 m sin tomar en cuenta el túnel y copo (Tabla 1). Por su parte, la longitud de relinga superior (LRS) varía entre 20 y 30 m, no observándose una clara relación entre esta variable y la potencia del freno (BHP). Los portalones utilizados corresponden a rectangular plano y portalón en V (Reference Vee). Este último portalón es el más característico por lo cual se utilizará como portalón patrón en este estudio.

La red se compone de dos paneles, en comparación a pesquerías extranjeras que utilizan cuatro paneles y están conformadas principalmente por paños de polietileno (PE). Los tamaños de malla varían entre 40 y 60 mm a lo largo de la red, empleando comúnmente en el túnel y copo un tamaño de malla de 50 mm y diámetros de hilo 2,5 mm o superiores. Los paños de PA utilizados en la red, producto de su densidad y su capacidad de absorción de agua, hacen que la red de arrastre tienda a “pegarse” en el fondo, considerándose una desventaja funcional para el arte. Otra característica que agrava esta situación se debe al uso de cables de acero en la unión de paneles (lacha).

La red actualmente utilizada posee una superficie de tela mayor que la red prototipo debido a mayores diámetros de hilos que se emplean en su construcción. Esto explica en gran medida la mayor resistencia o tensión total de estas redes bajo condición de operación a 2 nudos (Melo *et al.*, 2008).

**Tabla 1.** Comparación entre las principales características de la red tradicional utilizada por la flota y la red prototipo “Javiera-S41” evaluada en el marco del proyecto FIP N° 2006-20.

	<b>Red usada actualmente</b>	<b>Red prototipo “Javiera S41”</b>
Material	PA	PE
RS	Acero tonina 6x19, 1/2" peso lineal 0,61 kg/m	Cable mixto 14mm
RI	Cabo torcido PP 5/8"	Cabo torcido PP 5/8"
Lacha	Acero tonina 6x19 5/8" paso lineal 0,95kg/m	Cabo trenzado PE 16mm
Borlón	Embarrilado, cadena, paño anchovetero y cabo	Embarrilado, cadena, paño anchovetero y cabo

Para el estudio se empleará la red prototipo “Javiera-S41” diseñada en el marco del proyecto FIP N° 2006-20, la cual posee 30,8 m de longitud de relinga superior, 32,9 m de longitud de borlón y 42,3 m de longitud total armada. Esta red presenta algunas diferencias significativas en su construcción respecto a la red empleada tradicionalmente por la flota arrastrera, dentro de las cuales destaca el uso de paños de polietileno (PE), tamaños de malla de 80 mm en el panel superior, 54 mm en el panel inferior y 56 mm en el túnel y copo; hilos trenzados en las mallas con diámetro variable entre 2,5 y 3,0 mm y estructuras laterales de polipropileno (PP). En términos de su diseño, esta nueva red posee algunas mejoras respecto al diseño actualmente en uso, lo cual permite aumentar el área de barrido en aproximadamente un 40% sin aumentar su resistencia al avance.

En términos generales, el arte de pesca está compuesto por:

- Red de arrastre de PE (41 m de perímetro en la sección de la boca inferior)
- 16 flotadores de 20 cm de diámetro distribuidos en la relinga superior
- Borlón embarrilado, relinga inferior (cadena o cable forrado con tela anchovetera y cabo)
- Estándares de 5 m de longitud (inferior y superior).

### **3.3. Portalones**

#### **3.3.1. Evolución del arte de arrastre**

El arrastre de vara es una de las primeras formas de pesca de arrastre, que se utilizaron en el Mar del Norte por los marinos a vela de Grimsby & Lowestoft a finales del siglo XIX (Seafish, 2005). La boca de la red se mantiene abierta por un marco rígido, para asegurar su abertura y altura, y su eficacia de pesca a pesar de los cambios de velocidad del remolque (Fig. 1). Esto último lo hacía ideal para su remolque detrás de barcos de vela por su impredecible curso y velocidad. Con el desarrollo de motores diesel, junto con métodos de acarreo mecanizados, el arte se hizo más grande y se pudo remolcar a velocidades mayores, todo esto



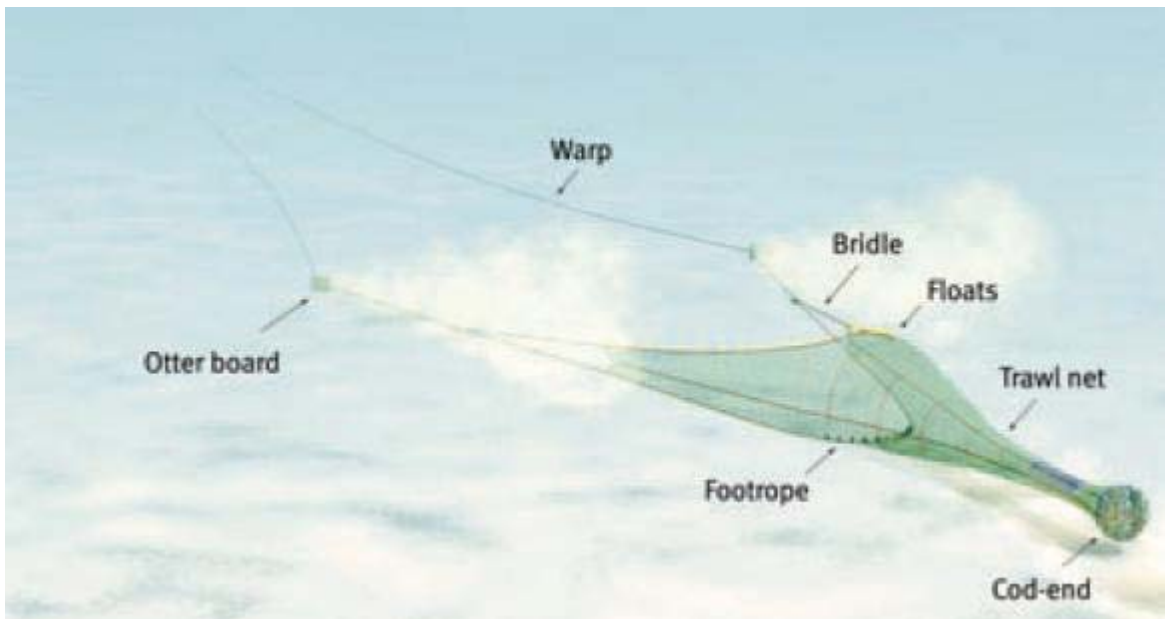
para aumentar las capturas. En sus inicios el arrastre de vara consistió en una red única remolcada desde la popa de la embarcación, mientras que hoy en día los barcos arrastreros de vara remolcan dos redes usando tangones que se proyectan por estribor y babor de la embarcación (Seafish, 2005).



**Figura 1.** Arte de arrastre de boca fija. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

La red vara consta de una viga de acero pesado y sección tubular, con el apoyo de unas zapatas en cada extremo. Estas zapatas se deslizan por el fondo marino cuando la red es remolcada y además, al ser una estructura rígida, mantiene la red abierta independiente del tipo de fondo y velocidad del remolque (Seafish, 2005). Además, de la evolución de la red de vara en sí, se derivó el empleo de nuevos dispositivos o extensión sustentados y controlados hidrodinámicamente para utilizarse como otra alternativa a la red de vara, lo anterior gracias a la introducción de motores diesel en los barcos que permitió obtener velocidades de remolque mayores y mejor reguladas (FAO, 1974).

El arte de arrastre de fondo es un descendiente directo de la red de vara. Al arte se le agregaron planchas planas de madera, ya entonces llamadas portalones, fijadas entre los cables de remolque y los extremos de las bandas de la red con puntos de unión escogidos para ajustarlas formando ángulo con la dirección de avance de manera que la fuerza del agua las empujase hacia afuera, manteniéndose así abierta en dirección horizontal del sentido de arrastre (FAO, 1974). Con la sustitución de la viga rígida de la red de arrastre por portalones, se logró la utilización de redes de mayor tamaño para aumentar la eficacia de las capturas (Seafish, 2005). En un comienzo los portalones se unían directamente a las alas (o bandas) de la red, no obstante actualmente es común tener malletas y estándares desde unos pocos a unos varios metros entre los portalones y la red, aunque no se descarta la unión directamente al ala de esta (Fig. 2).



**Figura 2.** Ejemplo de una red de arrastre de fondo con malletas y estándares. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

En el transcurso de los años se ha realizado un perfeccionamiento continuo de los portalones, introduciéndose nuevas formas y materiales para acomodarse a una mayor diversidad de condiciones y métodos de pesca (FAO, 1974).

### 3.3.2. Características de los portalones

La elección de los portalones depende de varios factores, entre los que se destaca i) según su uso en el fondo o separadas de este, ii) del tipo de fondo donde se va a pescar, iii) del tipo específico de método de arrastre que se pretenda emplear y, por último, iv) del costo de ellos.

Los portalones no poseen en sí mismos la potencia para mover y extender o separar los cables a los cuales se hallan unidos. Su capacidad para efectuarlo procede de la interacción de las fuerzas externas que actúan sobre ellos. La manera en que extienden o separan los cables de tracción, es decir, los cables y malletas de arrastre, y por ello, la red, depende de su forma y tamaño y del modo en que se aplican las fuerzas a los mismos. Las principales fuerzas a considerar son: fuerza del remolque del buque, resistencia del avance (del remolque) del arte, fuerzas hidrodinámicas del flujo de agua y fricción o contacto con el fondo.

El tamaño de los portalones deberá relacionarse con su reacción ante las fuerzas de los flujos líquidos que las empujan hacia afuera en oposición a las fuerzas, que lo hacen hacia adentro, de los cables y de la red. Los puntos en los cuales actúan estas fuerzas, es decir, la posición de los puntos de unión de los cables y de las malletas, deberán elegirse de manera que

el equilibrio de fuerzas mantenga a los portalones en una postura que las permita operar con la mejor eficiencia, o sea, con una correcta selección del ángulo de ataque del portalón. Hay que escoger el material y el espesor apropiados para los esfuerzos y tensiones aplicadas, para el peso total requerido y para la distribución del peso con objeto de lograr una buena estabilidad.

Los portalones, además de representar aproximadamente entre un 20 a 25% de la resistencia total al avance del arte, influyen directamente en la resistencia total de este. Por consiguiente, una vez que se hayan fijado los parámetros de la red, es vital la elección de las dimensiones apropiadas de los portalones para aprovechar hasta el máximo el rendimiento de la fuerza de remolque disponible, compatible con la eficacia de la pesca (FAO, 1974).

### 3.3.3. Construcción y funcionamiento del portalón

La forma de los portalones tradicionales evolucionó por medio de ensayo y error en un largo periodo, no obstante se reconoce que el avance de la tecnología juega un papel fundamental en la producción de nuevas formas más hidrodinámicas.

Un obstáculo a la innovación es que todo tipo de portalón nuevo que pueda ser resultado de aplicaciones tecnológicas recientes podría obligar a hacer cambios en los métodos de pesca incompatibles con los barcos y métodos existentes. Toda ventaja que ofrezca un nuevo diseño de portalón debe superar los aumentos de costos relacionados con el cambio, no solamente de materiales, sino también con el trabajo del barco o la operación de pesca.

Los principales materiales empleados en la fabricación de los portalones son el acero y la madera, aunque se han empleado otros materiales, tales como plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP), madera laminar, aluminio, bolas de vidrio, etc. (FAO, 1974).

### 3.3.4. Tipos comunes de portalones de fondo

#### 3.3.4.1. Portalón plano rectangular

El portalón plano rectangular comenzó a usarse a finales del siglo XIX y aún es utilizada en algunos lugares del mundo (Fig. 3). Este consiste en una armazón de acero, con varias pletinas metálicas de refuerzo que cercan a una plancha de madera. Hidrodinámicamente el portalón plano rectangular es poco eficiente, ya que crea una gran turbulencia detrás de ella que acrecienta la resistencia al avance y reduce la fuerza de separación (FAO, 1974). Posee un rango de coeficientes de abertura (CI) variables entre 0,76 y 0,93 y coeficientes resistivos (Cd) variables entre 0,53 y 0,89. La mayor relación entre  $CI/Cd=1,51$  se logra a  $25^\circ$  de ángulo de ataque del portalón (Seafish *et al.*, 1993).

En condiciones de remolque uniforme se inclina ligeramente hacia afuera y el agua que fluye sobre su cara tiende a ejercer más presión hacia abajo, que aumenta la tendencia del portalón al enterrarse en el fondo. Sus principales inconvenientes son que no se desplaza con

facilidad sobre fondos muy accidentados y por consiguiente dura poco tiempo en comparación a los demás portalones. Cuando se utilizan mucho tiempo en fondos accidentados, es frecuente su destrucción en poco tiempo de uso (FAO, 1974).



**Figura 3.** Portalón rectangular plano. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

Este portalón es una variante del rectangular normal; es ligera y de construcción sencilla. El principal material utilizado es el pino amarillo u otra madera blanda. Las pocas sujeciones están hechas con planchas y varillas de acero y de cadenas de acero galvanizado. Se cree que las ranuras horizontales entre los tablones ejercen una influencia positiva en la turbulencia detrás del portalón, pero esto no está comprobado. El principal inconveniente de estos portalones, aparte de su escaso rendimiento hidrodinámico, es que no sirven para fondos accidentados (FAO, 1974).

#### 3.3.4.2. Portalón plano rectangular curvado

La característica física sobresaliente de los portalones curvados (Fig. 4), aparte de la curvatura, es el peso, especialmente en los de mayor tamaño, que tienen una plancha metálica sobre toda la cara posterior.

Los materiales normalmente utilizados para este tipo de portalones son: barras de acero en U y tablones de maderas duras. Debido a la posición vertical de los tablones, no es aconsejable el empleo de maderas blandas, sobre todo si se van a utilizar en fondos duros, siendo preferible en dicho caso hacer todo el portalón de acero.

El mejor rendimiento puede aprovecharse para generar una separación mayor (APA) con menos potencia de remolque, o una separación análoga a la de un portalón plano, pero con

un portalón de menor tamaño, o para remolcar a mayor velocidad. Se logra el rendimiento en función de la fuerza de separación por efecto del agua que fluye por la superficie curvada alrededor de la parte de atrás del portalón y es por ello menos turbulenta. Estos portalones curvados trabajan con un ángulo de ataque más pequeño, de unos  $30^\circ$ , lo que disminuye la resistencia al remolque y puede reducir su tendencia a enterrarse en fondos blandos (FAO, 1974).



**Figura 4.** Portalón rectangular curvado. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

#### 3.3.4.3. Portalón plano ovalado con ranura

La sección principal del portalón está constituida por una parte anterior y otra posterior, generalmente de madera dura o acero completamente, con una ranura entre ambas. La forma de la ranura varía de un portalón a otro. Éste tiene propiedades hidrodinámicas algo mejores que la plana rectangular (FAO, 1974), lo que se manifiesta en valores más altos del coeficiente de abertura ( $C_l$ ), encontrándose en el rango entre 1,18 y 1,59. Por su parte, el coeficiente resistivo ( $C_d$ ) varía entre 0,65 y 1,06. La mayor relación entre  $C_l/C_d$ , equivalente a 1,82, se logra a  $30^\circ$  de ángulo de ataque del portalón (Seafish *et al.*, 1993).

El canto redondeado inferior, que afecta adversamente la separación, beneficia el comportamiento total en fondos desiguales y duros ya que reduce la fricción y la tensión mecánica. En una superficie sólida de roca, las fuerzas de contacto no adquieren una diferencia notable entre los dos tipos de portalones planos, esto debido a que sólo habrá una pequeña zona de contacto entre la zapata o quilla plana de un portalón rectangular y el fondo. En arena blanda o fango, el portalón oval no se entierra como los portalones rectangulares, por su forma de diseño ovalado. La abertura de la ranura vertical tiene por misión aumentar el rendimiento hidrodinámico del portalón, reduciendo la turbulencia alrededor de su superficie posterior de manera análoga a lo que hace la curvatura de un portalón arqueado.

La limitación principal del portalón ovalado plano es su menor fuerza de separación en terreno limpio con respecto al portalón curvado de la misma superficie, lo que se debe a la diferencia de rendimiento hidrodinámica. En tales fondos, el portalón ovalado también posee menos fuerza de separación que el plano rectangular corriente a causa de que se entierra menos con el fondo, siendo mayor su rendimiento (relación de separación y resistencia al avance) (FAO, 1974).

#### 3.3.4.4. Portalón ovalado curvado con ranura (polivalente)

Este portalón es una combinación de un portalón ovalado y uno curvado, dando la capacidad de mayor separación del portalón del tipo curvado y la capacidad de atravesar fondos accidentados del portalón ovalado (FAO, 1974). Posee un rango de coeficientes de abertura (Cl) variables entre 1,00 y 1,23 y coeficientes resistivos (Cd) variables entre 0,40 y 1,89. La mayor relación entre  $Cl/Cd=2,50$  se logra a  $25^\circ$  de ángulo de ataque del portalón (Eurored Vigo, 2013). Hidrodinámicamente son mejores que la plana ovalada de la misma superficie.



**Figura 5.** Portalón ovalado polivalente. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

#### 3.3.4.5. Portalón rectangular en V

El portalón en forma de V tiene una estructura sencilla hecha completamente de acero, es decir de tubo de pared gruesa, barra redonda y planchas sólidas. Sus principales ventajas son su capacidad de pesca en fondos duros y su gran durabilidad. Es fácil de manejar, largar, virar y estibar. Posee un rango de coeficientes de abertura (Cl) variables entre 0,79 y 0,97 y coeficientes resistivos (Cd) variables entre 0,55 y 0,93. La mayor relación entre  $Cl/Cd=1,74$  se logra a  $25^\circ$  de ángulo de ataque del portalón (Seafish *et al.*, 1993).

Los portalones en V oscilan en el agua, y son desviados con facilidad por los obstáculos. Debido a esta falta de rigidez son realmente estables, ya que superan los obstáculos y recobran rápidamente un ángulo apropiado. Esta característica especial también tiene ventajas con respecto a la maniobrabilidad, ya que aún con cambios bruscos en la dirección del remolque, no se necesitan precauciones especiales, como halar un cable, etc. Esto es ventajoso cuando se faena en fondos sucios y cuando hay que evitar obstáculos grandes. Su peso es de gran utilidad para contrarrestar la componente específica de desviación o desplazamiento hacia arriba (FAO, 1974).



**Figura 6.** Portalón rectangular en V. Fuente: Fisheries Research Service (2004).

### 3.5. Condiciones operacionales

Las condiciones operacionales relevantes para el presente estudio se refieren a la velocidad de arrastre, la profundidad de operación, el tipo de fondo y la relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad del fondo. En términos de velocidad de arrastre, la flota crustácea remolca sus redes tradicionalmente en el rango entre 1,8 y 2,3 nudos, con un valor medio referencial de 2 nudos (Melo *et al.*, 2008). En cuanto a la profundidad de operación y el tipo de fondo es necesario destacar que estas variables dependen de la distribución espacial de las especies objetivo, que en el caso de camarón nailon se distribuye

entre los 150 y 650 m, en fondos areno-fangosos y rocosos, para los langostinos, tanto amarillo como colorado, se distribuyen entre los 50 y 500 m, y prefieren fondos fangosos y duros (IFOP, 2009). Por último, la relación entre la longitud del cable de cala y la profundidad del fondo oscila entre 2,3:1 y 1,8:1. A profundidades menores se suele usar relaciones de cable mayores (cercanas a 2,3:1) mientras que a mayor profundidad se tiende a usar relaciones bajas (cercanas a 1,8:1).

### **3.6. Contacto con el fondo y fuerza de reacción**

La influencia del fondo sobre el comportamiento de los portalones no se limita sólo a la fricción. A parte de la tensión mecánica sobre fondos duros o accidentados, el enterrarse en fondos más blandos, tales como arena o fango, añadirá la resistencia al remolque, aunque permitiría aumentar la fuerza de separación (APA). En general, el fondo proporciona las influencias externas más variables y menos controlables sobre los portalones de fondo, siendo por consiguiente ventajoso en ciertos aspectos reducir el contacto con el fondo. Para esto algunos tipos de portalones son más convenientes que otros (FAO, 1974).

Estudios realizados en el extranjero, abarcan temas de contacto con el fondo del arte, en directa relación con el impacto ambiental y el consumo de combustible. La correcta selección de los materiales y componentes empleados en el arte, influyen directamente en un aumento o disminución de las fuerzas totales del arte, así como la de reacción con el fondo y por ende un aumento o disminución en el impacto ambiental y los costos de combustible. Las pesquerías de arrastre de fondo han sido fuertemente cuestionadas por los impactos adversos que genera tanto en las comunidades bentodemersales como los hábitats (Jones,1992; Kaiser *et al.*, 2002; Hinz *et al.*, 2009). Por esto, la correcta selección de los materiales y los componentes del arte es de gran importancia para lograr reducir el impacto ambiental y, además con esto lograr una reducción en los costos de la operación (Van Marlen, 2009).

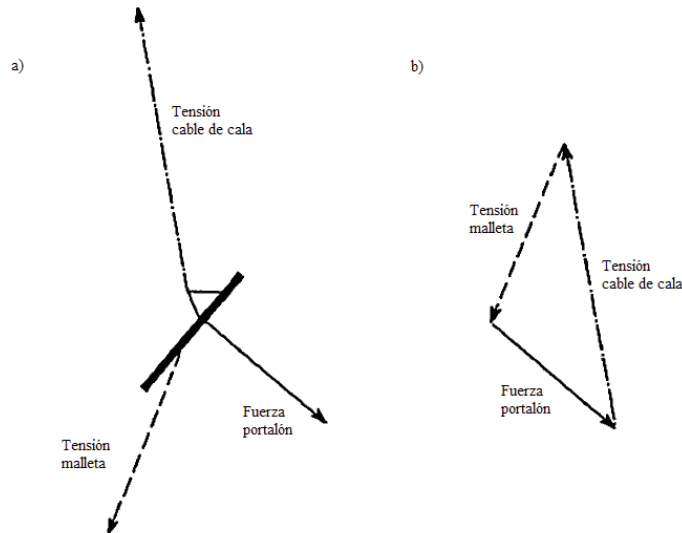
### **3.7. Resistencia hidrodinámica del arte**

La resistencia al avance del arte comprende las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre paños y accesorios de la red, tales como flotadores de la relinga superior, borlón, cables de arrastre, fricción de la zapata al estar en contacto con el fondo y la resistencia de los portalones. La magnitud de estas fuerzas depende de la cantidad de paños de la red, dimensiones del hilo y de las mallas, número, forma y tamaño de todos los accesorios, forma de la red y velocidad del remolque. La resistencia total del arte se transmite a través de las malletas que conectan la red a los portalones. Con los portalones desviadas, estos cabos o cables forman un ángulo de incidencia o de ataque con la dirección del remolque (FAO, 1974). La red utilizada en este estudio, correspondiente a la red “Javiera S41”, posee una relinga de 28,8 m, alrededor de un 15% mayor a la relinga de la red tradicionalmente utilizada en la pesquería, no obstante la resistencia hidrodinámica de ésta es significativamente inferior, (1.256 kg respecto a 1.925 kg del arte tradicional), ambas estimadas mediante simulación dinámica a una velocidad de 2 nudos (Melo *et al.*, 2008).

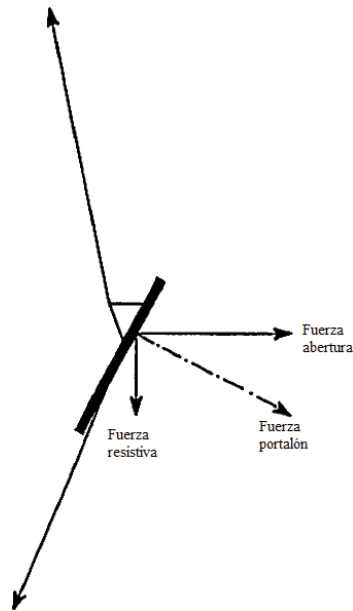


### 3.8. Fuerzas en el portalón

Los portalones tienen dos funciones principales, como son el permitir que la red se abra horizontalmente (abertura de la boca) y mantener el arte en contacto con el fondo marino. Cuando el portalón se mueve a través del agua hay una fuerza resultante, que es aproximadamente perpendicular con respecto al portalón (Fig. 8a). Esta fuerza del portalón resultante es causada tanto por el flujo de agua alrededor del portalón y el contacto con el fondo del mar. Durante el remolque estas fuerzas se equilibran por las tensiones del cable de cala y la malleta, de manera que estas tres fuerzas forman los lados de un triángulo (Fig. 8b) (Seafish *et al.*, 1993). Esta fuerza del portalón, se puede descomponer en dos fuerzas que corresponden a características muy importantes del portalón: fuerza resistiva ( $C_d$ ) y fuerza de abertura ( $C_l$ ) (Fig. 9).



**Figura 7.** a) Fuerzas que actúan sobre el portalón; b) Triángulo de equilibrio de fuerzas  
Fuente: Seafish, IFREMER and DIFTA (1993).



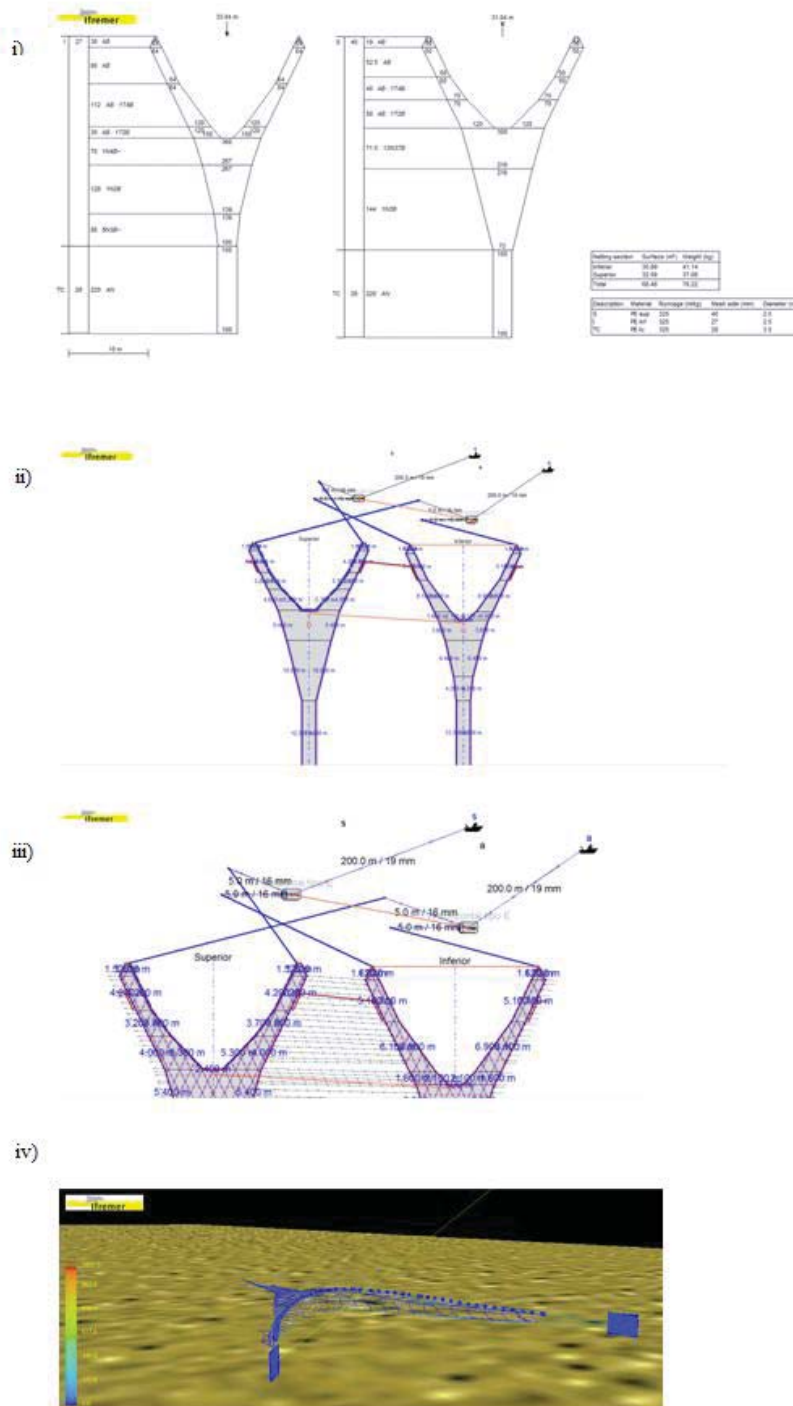
**Figura 8.** Fuerzas resistivas y de apertura del portalón. Fuente: Seafish, IFREMER and DIFTA (1993).

### 3.9. Simulación dinámica empleando el programa DynamiT

DynamiT es una herramienta de apoyo para la evaluación del comportamiento mecánico-hidrodinámico del arte de arrastre (geometría funcional y fuerzas involucradas en el entramado de los paños y estructuras), permitiendo evaluar uno o varios diseños en condiciones de operación preestablecidas (velocidad, profundidad, etc.), pudiendo realizarse mejoras y correcciones en función de los resultados preliminares de cada simulación. La simulación permite visualizar la configuración que adopta la red durante el arrastre, pudiendo establecerse algunas variables relevantes, como son:

- Sección de la red que se mantiene en contacto con el fondo
- Abertura y altura de la boca de la red
- Abertura entre portalones
- Forma que adopta la red durante el arrastre
- Tensiones de arrastre

DynamiT es un software que trabaja basándose en el método de elementos finitos; este es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física (Fig. 7).



**Figura 9.** Fases para la simulación dinámica de redes de arrastre: i) dibujo del plano, ii) ingreso de estructuras, iii) unión de componentes y cuerpos, y iv) simulación dinámica según parámetros de operación.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

En primer lugar, se realizó una recopilación de información relevante para el estudio, específicamente en cuanto a los datos necesarios para ingresar en el programa de simulación. Para ello se revisó información de los portalones de fondo usados en algunas pesquerías de Dinamarca, Reino Unido y Francia, esto con la finalidad de estimar un peso referencial de portalón según la potencia al freno de la embarcación (BHP) y, a su vez, un peso estimado inicial de los portalones que serán evaluados en el estudio. Además del peso, fue necesario obtener información de rangos de potencia y de eslora en embarcaciones extranjeras que presentasen similitud con las embarcaciones nacionales, para que el análisis sea lo más cercano al ámbito nacional. Posteriormente, se realizó una comparación de los portalones anteriormente mencionados, esto último en términos de diseño, forma, coeficientes de sustentación (Cl) y de arrastre (Cd), ángulo de ataque y relaciones de área y de aspecto, además de modelos de portalones con una descripción propia, detallando las características de cada portalón. Luego, se realizó una selección de los portalones de fondo, correspondiente a portalones de tipo horizontal disponibles en el catálogo Eurored Vigo (2013). También se contó con la totalidad de la información de la red de crustáceos prototipo desarrollada y evaluada en el marco de los proyectos FIP 2006-20 y FIP 2008-26, y los parámetros de operación que posee la flota crustacera nacional.

A partir de la selección de diseños y modelos de portalones, la información del arte prototipo y los parámetros de operación ya establecidos, se procedió a ingresar toda la información al programa de simulación dinámica (DynamiT de IFREMER). Para ingresar los datos en el programa, se deben seguir diversas etapas que contemplan el ingreso del material utilizado en los cuerpos, el plano de la red con sus cortes y números de malla correspondientes, el ingreso de estructuras, la unión de los componentes, para finalizar con la simulación del arte. Al realizar la simulación del programa bajo las condiciones de operación fue posible obtener la altura de la boca, abertura de la boca, tracción del remolque y reacción con el fondo. Estas salidas fueron divididas en dos grupos; i) las dos primeras fueron usadas como variables de comparación (requisito), y ii) las dos restantes fueron usadas como variables de decisión.

Se realizó una comparación entre las variables de comparación y los criterios para que la red opere de manera eficiente. En el caso que los portalones no cumplieran estos criterios, se procedió a redimensionar el portalón, ya sea aumentando o disminuyendo su tamaño. Luego, se simuló nuevamente el remolque del arte repitiéndose la verificación de las variables de comparación. Solo se ingresó la información correspondiente del portalón al software para realizar la simulación y verificar que las salidas cumplan esta vez con los criterios mencionados anteriormente, la demás información ingresada se mantiene igual que la simulación previa. Con el cumplimiento de las variables de comparación con los criterios para que la red opere de manera eficiente, se realizó el análisis de las variables de decisión, que corresponden a la tracción del remolque y reacción con el fondo. Finalmente, se seleccionó el portalón más eficiente, el cual minimiza las fuerzas de tracción de remolque y las fuerzas de reacción con el fondo.

#### 4.1. Recopilación de la información de la red prototipo

Como primer paso en este estudio fue necesario recopilar información sobre la red a utilizar, específicamente la red prototipo “Javiera S41” desarrollada y evaluada en el marco de los proyectos FIP 2006-20 y FIP 2008-26. De esta red de arrastre se cuenta con su plano, números de mallas por cuerpo, razones de corte, materiales usados, y criterios establecidos para que dicha red trabájese de manera eficiente. Estos criterios corresponden a altura y abertura de boca establecidas para su correcta operación. Los criterios son los siguientes:

- Abertura de boca: mayor o igual a 15,4 metros, y menor o igual a 17 metros
- Altura de boca: mayor o igual a 1,7 metros, y menor o igual a 2 metros.

Los criterios anteriormente utilizados se establecieron en pruebas de simulación y tanques de prueba realizados en el marco del proyecto FIP2006-20 por Melo *et al.* 2008, en donde la red prototipo logra una abertura de punta de alas y altura de boca entre estos rangos, operando de manera eficiente. Se necesitó para el estudio información sobre los componentes en su totalidad que posee el arte, en otras palabras, información de los paños utilizados en la construcción de los cuerpos (Tabla 2), cabos o estructuras de la red (Tabla 3), flotadores (Tabla 4), borbón, estándares y cables de cala (Tabla 5), manga de la embarcación y finalmente, portalones utilizados por embarcaciones internacionales y portalones disponibles en el mercado. Además de la información antes mencionada, también fue necesaria información sobre parámetros de operación por la cual trabaja la flota crustácea nacional; estos son la velocidad de remolque o arrastre (nudos), la profundidad de operación del arte de arrastre y el tipo de fondo en que se opera, correspondiendo a fondo arena fina y fondo arena gruesa/grava.

**Tabla 2.** Características de los paños que conforman la red usados en la simulación.

Cuerpo	Material	Metros por kilogramo	Tamaño de malla (mm)	Factor multiplicador peso aparente	Diámetro del hilo (mm)
Panel superior	PE	325	80	-0,08	2,5
Panel inferior	PE	325	54	-0,08	2,5
Túnel y copo	PE	325	56	-0,08	3,5

**Tabla 3.** Características de los cabos y estructuras usados en el arte de pesca.

Componente	Material	Kilogramo por metro	Diámetro del cabo (mm)	Factor multiplicador peso aparente
Lacha	PE	0,25	16	-0,08
Relinga superior	Combinación	0,3	14	0,75
Relinga inferior	Cable - Cabo	0,3	70	0,3

**Tabla 4.** Características de los flotadores considerados en el arte de pesca.

Material	Volumen (l)	Masa (kg)	Flotabilidad (kgf)	Cantidad dispuesta
HDPE	4	2	2,7	16

**Tabla 5.** Características de los cables, utilizada en la simulación.

Componente	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Peso lineal (kg/m)	Factor multiplicador (peso aparente)
Estándar superior	5	16	1	0,87
Estándar inferior	5	16	1	0,87
Malletas	1	16	1	0,87
Cable de cala	200	19	1,3	0,87

Todos los componentes mencionados anteriormente se mantienen constantes en el estudio, y sólo se varían los portalones. Respecto a estos últimos, la información necesaria corresponde a:

- Altura (m), que corresponde a la medida vertical entre el punto más lejano de cada uno de sus extremos.
- Longitud (m), que corresponde a la medida horizontal entre el punto más lejano de cada uno de sus extremos.
- Relación de aspecto, que es la proporción entre su ancho y su altura. Se calcula dividiendo el ancho por la altura.
- Relación de área, que corresponde al producto entre longitud y altura.
- Área proyectada, que es el área superficial de la proyección del portalón. Ésta tiene en cuenta las pérdidas debido a la forma ovalada y las esquinas redondeadas de los portalones, pero no las ranuras cortadas en la superficie del portalón.
- Peso del portalón, que corresponde al peso en el aire del portalón.
- Peso aparente del portalón, que corresponde al peso sumergido del portalón.
- Coeficiente de sustentación (Cl), que corresponde a la capacidad realizar abertura horizontal del portalón.
- Coeficiente de arrastre (Cd), que corresponde a la resistencia al avance que posee el portalón.

Se utilizó el ángulo de ataque en donde la relación entre Cl/Cd se maximiza, o sea, donde la relación entre el coeficiente de abertura y la del coeficiente resistivo del portalón fuese la mayor.

## 4.2. Comparación de portales utilizados por flota internacional

Para este segundo paso, se comparó los portales utilizados por embarcaciones a nivel internacional, para embarcaciones entre 17 y 22 m de eslora, y una potencia de 300 a 500 HP, como las embarcaciones de crustáceos a nivel nacional. Para esto se utilizó la información publicada en el manual de portales “Otterboard Performance and Behaviour” (Seafish *et al*, 1993). En la vertical el portalón posee un peso determinado en función a la potencia del barco que generalmente está asociada a una relación de 1 kg por BHP de motor (Melo et al., 2008).

## 4.3. Ingreso de datos para la simulación usando DynamiT

Teniendo ya la información necesaria de todos los componentes que se utilizarán en el arte, punto 4.1. “Recopilación de información”, se procedió a ingresarla al software (Ver ANEXO I, Ingreso de datos software de simulación dinámica, DynamiT).

### Paneles

La red consta de 2 paneles, superior e inferior, pero además los materiales utilizados en túnel y copo son diferentes, por lo que tendremos 3 secciones de paneles. Se ingresaron datos del material, lado de malla ( $t\#/2$ ), metros por kilogramo, multiplicador peso aparente y diámetro del hilo (la razón de corte se calcula automáticamente al ingresar los valores antes mencionados); para ingresar los paneles en el software se utilizó la herramienta “Netting Panel”.

### Cuerpos

La manera en que se ingresó la información de los cuerpos varía en las alas superiores e inferiores, respecto de los demás cuerpos. Para ingresar cuerpos en el software se utilizó la herramienta “Netting section”.

- Alas superiores e inferiores: se ingresó valores del cuerpo, mallas superiores (A), mallas inferiores (a), altura en mallas (H), disminuciones en mallas desde el centro de la boca de la red, hacia el centro del cuerpo (D1 y D2) y el panel correspondiente para el cuerpo.
- Cuerpos restantes: estas secciones incluyen cielo, bellys, túnel y copo. Se ingresó valores de mallas superiores (A), mallas inferiores (a) y mallas de alto (H), ingresándose además el panel correspondiente para cada cuerpo.

## Estructuras

Se ingresó valores correspondientes a la lacha, relinga superior y relinga inferior. Los valores necesarios de ingresar fueron: longitud (m) por cuerpo, diámetro cabo o cable (mm), kilogramo por metro de material y factor multiplicador peso aparente. Se utilizó la herramienta del software “Strengthening rope”.

## Flotadores

Se ingresó los datos de flotadores para cada cuerpo en que está la relinga superior, estos son volumen (l), masa (kg), boyantez (kgf) y cantidad de elementos por cuerpo. Para ingresar los flotadores se accede a “Distributed float/sinker” y la herramienta “add float”.

## Cables estándares y cables de cala

Se ingresó datos de los estándares superiores e inferiores, además del cable de cala; y se copia dos veces por haber cables a Estribor y Babor de la embarcación. Los datos necesarios son longitud (m), diámetro (mm), kilogramo por metro y factor multiplicador peso aparente. Para ingresar cables se utilizó la herramienta “Steel wire rope/ Rope/ Rigid bar”.

## Embarcación, posición del cable de cala

Se ingresó los valores de los cables de cala conectados a estribor y babor a la sección de popa, para esto fue necesario el valor de la manga (B) de la embarcación, y el centro de la embarcación fue el eje 0 (eje X), por lo que el cable de estribor se encuentra en la posición de  $B/2$ , mientras que el cable de babor se encuentra en  $-B/2$ . Para ingresar esta información, se utilizó la herramienta “Warp block position”.

## Portalones

Se ingresó datos relevantes para estos, para el portalón conectado al cable de estribor y al de babor. Los datos necesarios son la superficie (en metros cuadrados), peso (en kilogramos), peso aparente (en kilogramos), alto (en metros), largo (en metros), coeficiente resistivo (Cd) y coeficiente de abertura o sustentación (Cl). Para ingresar la información de los portalones se utilizó la herramienta “Otter Board”.

## Parámetros de operación



Según el diseño del arte de arrastre de crustáceos en estudio, y de los artes de arrastre de crustáceos actualmente utilizados en la pesquería, se definió parámetros de operación. Estos son:

- Velocidad de remolque o arrastre: Se estableció una velocidad de remolque de 2 nudos. En la práctica la velocidad de arrastre en lances comerciales tiene una variabilidad mínima, entre 1,8 a 2,2 nudos (Queirolo *et al.*, 2010).
- Profundidad de arrastre: Se estableció una profundidad de arrastre de 100 m, con una razón de cable-profundidad 2:1, cumpliendo la relación utilizada por la pesquería nacional que fluctúa entre 1,9-2,3:1 (Melo *et al.*, 2008).
- Tipo de fondo: Se evaluarán los portalones en dos tipos de fondo, para hacer variación en el coeficiente friccional de este. Estos fondos son:
  - Arena fina, con un coeficiente friccional de 0,6 (Fridman, 1986)
  - Arena gruesa/grava, con un coeficiente friccional de 0,4 (Fridman, 1986)

#### **4.4. Simulación**

La precisión de los datos de los materiales ingresados al software es importante (especialmente para la red), un error del 5% en el diámetro del hilo implicará un error del 5% en el arte de arrastre. Además, debido a la dificultad de realizar la simulación de todas y cada una de las mallas de la red de arrastre, fue necesario usar “mallas virtuales” que son calculadas mediante la herramienta que se denomina “Proceso de globalización”. La globalización en las mallas en la red de arrastre consistió en sustituirlas con mallas más grandes “virtuales”, de forma que se pudo realizar un cálculo similar a lo real y de manera mucho más rápida. Todas estas mallas virtuales fueron equivalente en términos mecánicos e hidrodinámicos, y también fueron equivalentes a las mallas del arte de arrastre real (Benoit, 2005). El tamaño de malla virtual o tamaño de malla digital utilizado fue de 2,8 m.

#### **4.5. Salidas del programa, valores de referencia para el rediseño o aceptación**

##### **4.5.1. Variables de comparación para operación eficiente**

Las variables que debieron ser comparadas con los criterios establecidos para la red fueron, la altura de boca y abertura de boca de la red, entregadas por el software. Los criterios establecidos para la red son una altura de boca mayor o igual a 1,7 metros y menor o igual a 2 metros, y una abertura de boca mayor o igual a 15,4 metros y menor o igual a 17 metros (Queirolo *et al.*, 2009), esto anteriormente evaluado en el marco de los proyectos FIP 2006-20 y FIP 2008-26, donde la red prototipo, opera eficientemente en estos parámetros de altura y abertura de boca.

En los casos que la red no cumplió con los criterios establecidos, debemos realizar un recálculo de dimensionamiento del portalón (punto 4.6.) y luego volver del punto 4.3. al 4.5. nuevamente y analizar si cumple ahora con los criterios establecidos para la red; en el caso de cumplirlos, analizamos las variables de decisión (punto 4.7.).

#### 4.5.2. Variables de decisión

El software entrega salidas de dos variables decisionales, como son la resistencia hidrodinámica y la fuerza de reacción con el fondo. Ambas posteriormente analizadas si y solo si, las variables de comparación cumplen con los criterios establecidos para la red, por lo tanto, se realizará la selección del portalón más eficiente, que minimice las fuerzas de resistencia hidrodinámica y de reacción con el fondo.

#### 4.6. Redimensionamiento de los portales

Se realizó el redimensionamiento de aquellos portales que no cumplieron con los criterios establecidos de altura y abertura de la boca. En dicho caso, el redimensionamiento de cada portalón se realizó en función de su área proyectada, su relación de aspecto, largo del portalón, como dato de catálogos, pudiendo estimar un nuevo alto (m) y una nueva superficie (m<sup>2</sup>).

Este recálculo fue necesario realizarlo solo para aquellos portales que no cumplieron los criterios, esto para los que resultaron demasiado grandes, como para los que fueron demasiado pequeños. Al ser un portalón demasiado grande logrará una mayor abertura de la boca y una menor altura de esta, al contrario, al ser un portalón demasiado pequeño logrará una menor abertura de la boca y una mayor altura de esta. La altura de la boca con respecto a su abertura es inversamente proporcional.

Al haber calculado las nuevas medidas del portalón, y estimar su peso a través del catálogo, procederemos a hacer los pasos nuevamente de:

- Ingreso de datos, software DynamiT (sólo del portalón)
- Parámetros de operación (igual a los antes utilizados)
- Simulación
- Salidas del software verificación de cumplimiento de las variables de comparación. Si estas ahora cumplen con los criterios establecidos para la red, se sigue al paso 4.7. análisis de variables de decisión, sino, volver a realizar nuevamente paso 4.6.

Datos necesarios para redimensionamiento:

- Área proyectada del portalón
- Relación de aspecto del portalón
- Largo nuevo a utilizar, dependiendo si este disminuirá o aumentará, este valor de largo del portalón lo encontramos en el catálogo de puertas de arrastre, ya que los valores a utilizar en el software son valores reales de portales disponibles en el mercado.

Al haber utilizado las formulas de relación de aspecto y área proyectada del portalón, se pudo realizar el redimensionamiento de este.

#### **4.7. Análisis de las variables de decisión**

Se analizó las variables de decisión, estas son la resistencia hidrodinámica y la fuerza de reacción con el fondo.

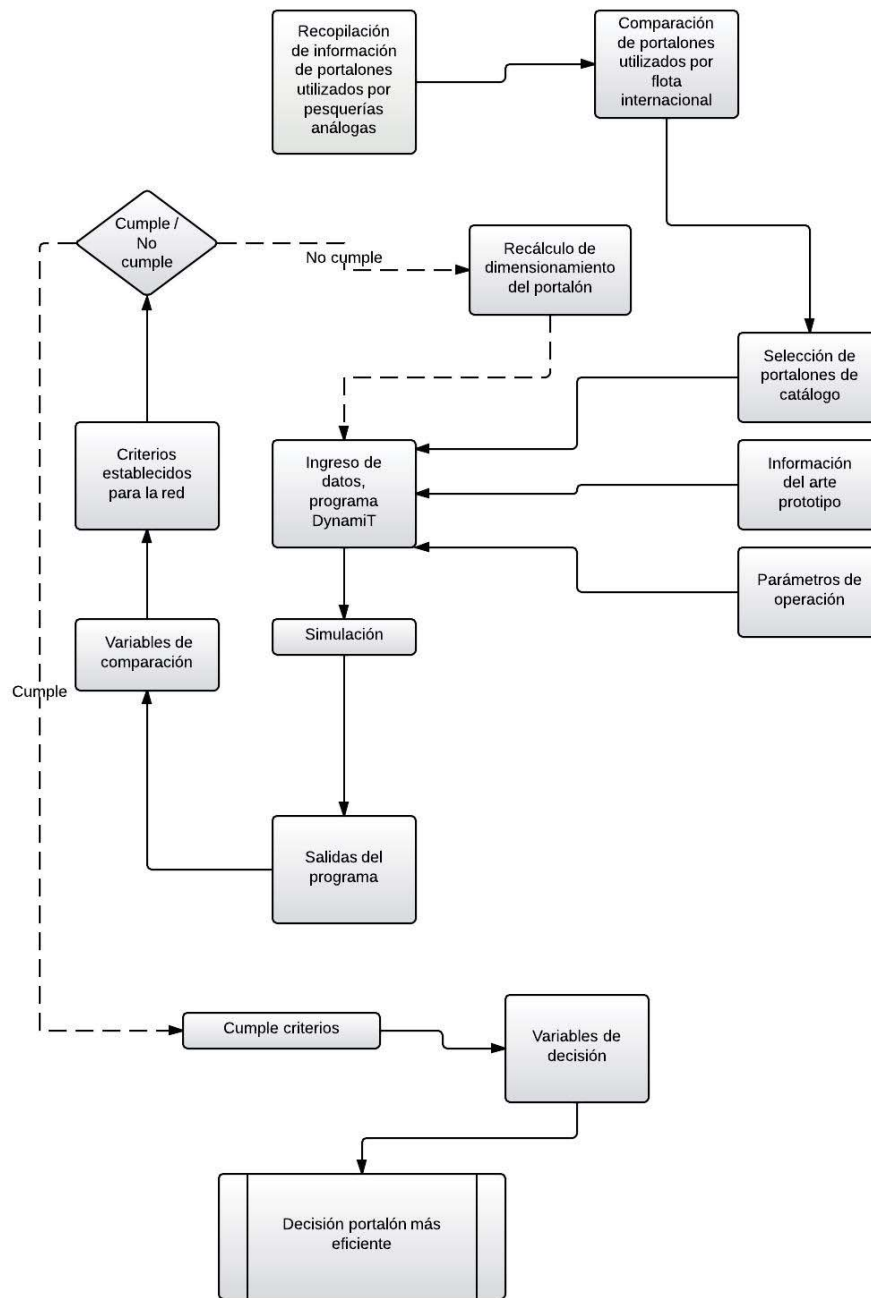
En este estudio se buscó realizar en el arte un aumento de eficiencia en la operación, al seleccionar el portalón más eficiente para la red prototipo. Por esto, las salidas que entregue el software con los menores valores de resistencia al remolque o resistencia total del arte y de menor fuerza de reacción con el fondo serán consideradas como las más eficientes.

Para demostrar la diferencia en el grado de eficiencia entre un portalón y otro, se realizó un cálculo de un índice relativo de tensión de remolque (IRTR) y un índice relativo de reacción con el fondo (IRRF), entre un portalón analizado y el portalón actualmente utilizado por la flota o portalón patrón (Reference Vee), con esto, llegar a una decisión final más certera. Se realizó de la siguiente manera:

$$IRTR (\%) = \left( \frac{Tensión\ Portalón\ analizado - Tensión\ portalón\ referencia}{Tensión\ portalón\ de\ referencia} \right) * 100$$

$$IRRF (\%) = \left( \frac{Reacción\ Portalón\ analizado - Reacción\ portalón\ referencia}{Reacción\ portalón\ de\ referencia} \right) * 100$$

La selección del portalón más eficiente para la red de arrastre de crustáceos prototipo, será el cual minimice las fuerzas de reacción con el fondo o fuerzas en la vertical del portalón con el fondo, y las resistencias del arte, estas corresponden a fuerzas hidrodinámicas y tracción del remolque, en ambos tipos de sustratos.



**Figura 10.** Diagrama de flujo, metodología utilizada en el estudio

## 5. RESULTADOS

Se identificaron seis diseños de portalones distintos que son aptos para utilizar en este tipo de pesquería. Estos portalones corresponden a los siguientes diseños:

- Rectangular plano
- Rectangular en V
- Rectangular curvo
- Oval curvo
- Oval plano
- Oval en V

Los portalones variaron según diseño o marca de fabricante (modelo), por lo que cada uno de estos posee una forma específica, coeficientes de abertura y resistivos distintos según su ángulo de ataque, y una relación de aspecto y área proyectada propia. Poseen una relación de  $Cl/Cd$  (donde se maximizan las aberturas con respecto a las resistencias para cada portalón) que fluctuó entre 1,51 y 2,84, siendo el menor valor para el portalón Rectangular Flat y el mayor valor para el portalón V3. La relación de aspecto fluctuó entre 0,5 y 0,77, siendo el menor valor para el portalón Rectangular Flat y el máximo valor para el portalón V3. La relación de área fluctuó entre 0,8 y 0,99, siendo el menor valor para los portalones Hinrikkson Poly Ice y V3, y el mayor valor para el portalón Thyboron (Tabla 6).

Estos modelos de portalón, han sido utilizados principalmente en embarcaciones entre 17 y 22,5 m de eslora según lo registrado en el “Otterboard performance and behaviour” manual de portalones, cuya potencia fluctúa entre 300 y 500 HP. Las dimensiones de los portalones dependiendo de cada diseño fluctúan, entre 1,75 y 2,5 m en su largo, entre 0,95 y 1,75 m en altura, y entre 1,81 y 3,73 m<sup>2</sup> en superficie.

Al realizar un análisis en los portalones utilizados por la flota de Dinamarca, Francia, Reino Unido e Irlanda, y los que tienen mayor significancia entre estos, se calculó una relación de 0,88 kg de portalón en función a los caballos de potencia del motor de las embarcaciones que los usan (0,88 kg/BHP) (Tabla 7).

**Tabla 6.** Comparación de diseños de portales. \*corresponde a la información de ese portalón puntualmente (Seafish *et al.*, 1993).

Diseño	Descripción	Ejemplos	Cd	Cl	Cl/Cd	Ángulo de ataque (max. Cl/Cd)	Relación de aspecto	Relación de área
Rectangular plano	Con paneles de madera, sin foils. Unión mediante Bracket fijo triangular.	Rectangular Flat	0,53	0,8	1,51	25°	0,5	0,98
	Con un extremo recto y el otro ovalado, sin foils. Unión mediante Bracket fijo.	Morgere Poly R	0,42	0,92	2,19	25°	0,59	0,9
	Con un extremo recto y el otro ovalado, con foils. Unión mediante Bracket fijo.	Bison 3*, Morgere Polifoil	0,49	0,93	1,92	30°	0,61	0,94
	Con una esquina ovalada en la zapata, sin foils. Unión mediante Bracket fijo.	Vergoz Z	0,51	0,88	1,73	28°	0,52	0,98
Rectangular en V	Sin foils. Unión mediante cadena de tiro.	Munkebo*, Dunbar, Morgere VH	0,62	1,11	1,8	25°	0,51	0,97
	Curvado, sin foils. Unión mediante cadena de tiro.	Thyboron	0,68	1,33	1,97	25°	0,57	0,99
Rectangular curvado	Sin foils. Posee un extremo plano y otro ovalado. Unión mediante cadena de tiro y Bracket fijo.	Bison 1	0,45	0,84	1,88	25°	0,63	0,92
	En V, sin foils. Presenta esquinas ovaladas. Unión mediante cadena de tiro.	Perfect Patent	0,6	1,36	2,27	25°	0,67	0,96
Oval curvado	Sin foils. Unión mediante Bracket fijo.	Hinrikkson Poly Ice*, Poly Ovale	0,62	1,1	1,79	25°	0,68	0,8
Oval plano	Con foils. Unión mediante Bracket fijo.	Ovalfoil	0,65	1,18	1,81	30°	0,64	0,79
Oval en V	Con foils.	V3	0,58	1,65	2,84	33°	0,77	0,8

**Tabla 7.** Portalones utilizados por la flota de Dinamarca, Francia, Reino Unido e Irlanda (Seafish *et al.*, 1993).

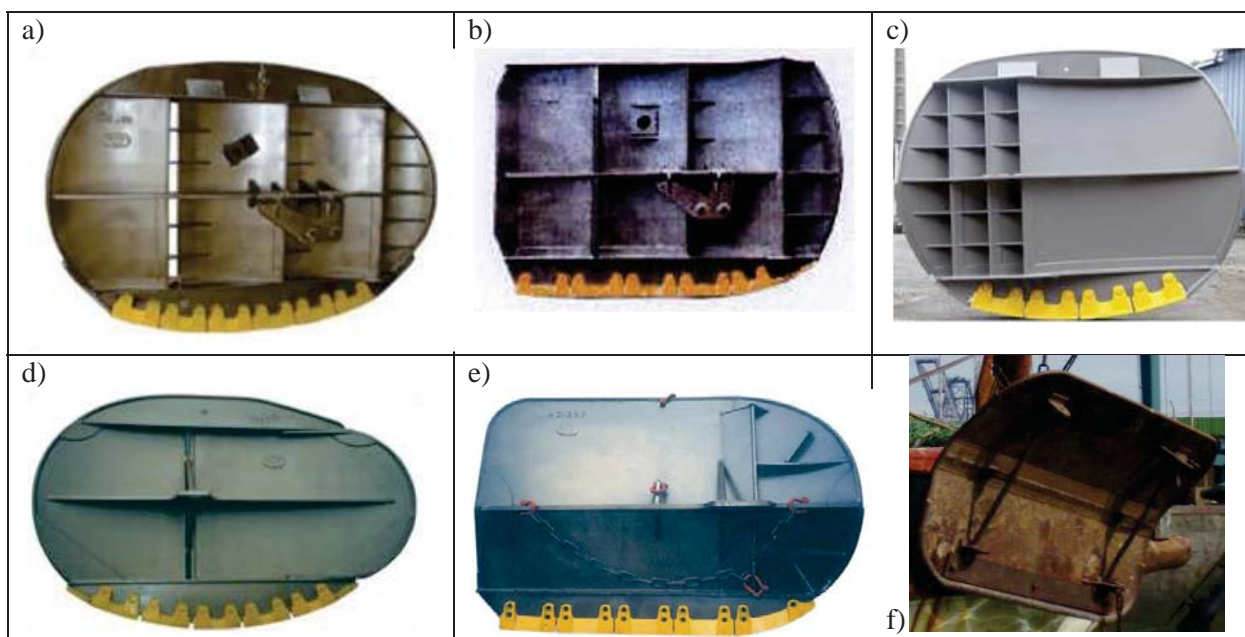
Portalón	Eslora m	HP	Largo Portalón (m)	Alto Portalón (m)	Superficie Portalón (m <sup>2</sup> )	Peso Portalón (kg)
Thyboron Type 2-C Vee	17	300	2,32	1,35	3,13	400
	17,6	344	2,06	1,27	2,62	340
	17,6	370	2,5	1,49	3,73	374
Bison	18,9	320	1,75	1,15	2,01	
Perfect Norm - Vee	20	330	2,13	1,16	2,47	240
Rect. Flat	17	340	2	1	2	240
	17,5	410	2,4	1,2	2,88	400
	18,5	414	2,2	1,1	2,42	475
	19,5	430	2,4	1,2	2,88	400
	19,5	440	2,1	1,05	2,21	320
	18,5	450	2,3	1,15	2,65	420
	20,4	497	2,3	1,15	2,65	450
	20,6	500	2,5	1,25	3,13	450
	20,6	500	2,3	1,15	2,65	450
Thyboron Type 1 - Vee	20	365	2,14	1,32	2,82	287
	20,5	385	2,14	1,32	2,82	287
	19,4	408	2,14	1,32	2,82	287
	22	500	2,32	1,35	3,13	305
	22	500	2,32	1,35	3,13	305
	20,1	500	2,06	1,27	2,62	270
Perfect Patent B - C Vee	19,51	365	2,25	1,54	3,46	480
	19,5	365	2,25	1,54	3,46	480
	26	400	2,55	1,75	3,36	640
Perfect Pat - Vee with slot	19	370	2,13	1,18	2,51	
Hinrikkson Poly-Ice	17,1	375	2	1,32	2,64	500
Morgere Polyfoil	17,4	380	1,9	1,1	2,09	280
	22,5	430	2,2	1,1	2,42	450
	18,6	430	2,2	1,2	2,64	380
Munkebo - Vee	18,96	408	2,04	1,1	2,24	
Dunbar Vee	18,1	415	2,28	1,47	3,35	
	19,8	415	2	1,3	2,6	
Morgere VH - Vee	19	477	2	1,27	2,54	330
Morgere Poly Ovale	20,55	480	1,9	1,1	2,09	250
Morgere Poly R	20,6	480	2	1,1	2,2	350
Rect. Flat PE	20,5	500	2,3	1,15	2,65	530
Vergoz Z	21,9	500	1,9	0,95	1,81	380

Al tener el valor de kilogramo por HP, se multiplicó por la mayor potencia de embarcaciones de crustáceos a nivel nacional, resultando un portalón base de 440 kg

( $500\text{HP} \cdot 0,88\text{kg/HP} = 440\text{kg}$ ), con este valor inicial de peso, se analizó algunos de los portales disponibles en el mercado, para poder estimar valores de largo, alto y superficie, entregados en el catálogo Eurored Vigo según el fabricante Morgere. La información de los portales de este peso es la que se detalla en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Información de portales de 440 kg utilizados en la simulación.

Portalón	Ángulo de ataque	Cl	Cd	Cl/Cd	Largo (m)	Alto (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Relación de aspecto	Relación de área
Ovalfoil	30	1,18	0,65	1,82	2,1	1,35	2,24	0,64	0,79
Polifoil	30	1,19	0,66	1,80	2,2	1,3	2,69	0,59	0,94
V3	33	1,65	0,58	2,84	1,9	1,46	2,37	0,77	0,85
Polivalente									
Oval	25	1	0,4	2,5	2,3	1,3	2,39	0,57	0,8
W horizontal tipo E	25	1,3	0,6	2,17	2,15	1,3	2,62	0,60	0,94
Reference									
Vee	25	0,96	0,55	1,75	2,04	1,35	2,7	0,66	0,98



**Figura 11.** Portales utilizados en la simulación. a) Ovalfoil; b) Polifoil; c) V3; d) Polivalente oval; e) W horizontal tipo estrella; f) Reference Vee.



A partir de los datos usados en la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:

**a) Desempeño de la red en arena fina:** las aberturas de boca de la red obtenidas con los modelos de portalones utilizados fluctuaron entre 14,6 y 19,6 m, siendo menor este valor para el caso del modelo Polivalente Oval y mayor para el modelo V3. En cuanto a la altura de boca, esta fluctuó entre 1,3 y 2 m, siendo el menor para el modelo V3 y el mayor para el modelo Polivalente Oval, estos valores debido a que la abertura y altura de la boca son inversamente proporcionales. Cuatro de los modelos simulados no cumplieron con los rangos establecidos para su desempeño, correspondiendo a: Polifoil, Polivalente Oval, W horizontal tipo estrella y V3. Dada la relación inversa entre altura y abertura de la boca de la red, los portalones Polifoil, W horizontal tipo estrella y V3, sobrepasan en abertura de la boca y no alcanzan el requerimiento mínimo de altura. Por lo contrario, el diseño de portalón Polivalente Oval, no alcanza el requerimiento de abertura de la boca de la red y un nivel límite de altura. Así, solo los portalones Oval Foil y Reference Vee cumplieron dentro de los parámetros esperados (Tabla 9).

**Tabla 9.** Resultados obtenidos en la simulación, con portalones de 440kg, en fondo Arena fina

	Abertura de la boca (m)	Altura de la boca (m)	Tensión total del remolque (kgf)	Reacción con el fondo(kgf)
Ovalfoil	15,6	1,8	1258,9	1305
Polifoil	17,6	1,5	1265,1	1370
Polivalente Oval	14,6	2	1222,5	1450,5
W horizontal tipo estrella	18,2	1,4	1246,6	1404,5
Reference Vee	15,4	1,9	1259,8	1400
V3	19,6	1,3	1245	1491

**b) Desempeño de la red en arena gruesa/grava:** las aberturas de boca de la red obtenidas con los modelos de portalones utilizados fluctuaron entre 14,7 y 19,7 m, siendo menor este valor para el caso del modelo Polivalente Oval y mayor para el modelo V3. En cuanto a la altura de boca, esta fluctuó entre 1,3 y 2 m, siendo el menor para el modelo V3 y el mayor para el modelo Polivalente Oval. Cuatro de los modelos simulados no cumplieron con los rangos establecidos para su desempeño, correspondiendo a: Polifoil, Polivalente Oval, W horizontal tipo estrella y V3. Dada la relación inversa entre altura y abertura de la boca de la red, los portalones Polifoil, W horizontal tipo estrella y V3, sobrepasan en abertura de la boca y no alcanzan el requerimiento mínimo de altura. Por lo contrario, el modelo de portalón Polivalente Oval, no alcanza el requerimiento de abertura de la boca de la red y un nivel límite de altura. Así, solo los portalones Oval Foil y Reference Vee cumplieron dentro de los parámetros esperados (Tabla 10).

**Tabla 10.** Resultados obtenidos en la simulación, con portalones de 440kg, en fondo Arena gruesa/grava

	Abertura de la boca (m)	Altura de la boca (m)	Tensión total del remolque (kgf)	Reacción con el fondo(kgf)
Ovalfoil	15,8	1,8	1215,5	1429
Polifoil	17,7	1,5	1234	1450,5
Polivalente Oval	14,7	2	1185	1541,5
W horizontal tipo estrella	18,4	1,4	1216,8	1480,5
Reference Vee	15,6	1,8	1214,6	1521,5
V3	19,7	1,3	1198	1541

Con los resultados de la primera simulación, se obtuvo portalones que ya cumplen los criterios establecidos para la red, que ya se pueden analizar sus variables de decisión. Estos son:

- Oval Foil y Reference Vee, a estos no se les realizó ningún recálculo de dimensionamiento.

Los demás portalones estudiados, no cumplen los criterios establecidos para que la red opere de manera eficiente, por lo que hay que redimensionarlos. La acción realizada para cada uno fue la siguiente:

- Polifoil: Posee una abertura de boca mayor y una altura de boca menor a los criterios establecidos para la red, por lo que hay que disminuir el tamaño de este portalón.
- Polivalente Oval: Posee una abertura de boca menor y una altura de boca límite a los criterios establecidos para la red, por lo que hay que aumentar el tamaño de este portalón.
- W horizontal tipo estrella: Posee una abertura de boca mayor y una altura de boca menor a los criterios establecidos para la red, por lo que hay que disminuir el tamaño de este portalón.
- V3: Posee una abertura de boca mayor y una altura de boca menor a los criterios establecidos para la red, por lo que hay que disminuir el tamaño de este portalón.

Estos cálculos fueron realizados para los portalones en ambos tipos de fondo, ya que se cumple lo mismo en cuanto a los resultados de la simulación y comparación con los criterios establecidos para la red.

### **Portalones redimensionados**

Al realizar el redimensionamiento correspondiente para estos, las nuevas medidas de los portalones fluctuaron para largo entre 1,6 a 2,1 m, siendo la menor medida para el modelo de portalón V3 y la mayor para el modelo de portalón Ovalfoil; para el alto fluctuó entre 1,15

a 1,36 m, siendo la menor medida para el modelo de portalón V3 y la mayor para el modelo de portalón Polivalente Oval; para la superficie fluctuó entre 1,68 a 2,7 m<sup>2</sup>, siendo la menor superficie para el modelo de portalón V3 y la mayor para el modelo de portalón Reference Vee. En cuanto al peso, los valores fluctuaron entre 270 y 500 kg, siendo el menor valor para el modelo de portalón V3 y el mayor para el modelo de portalón Polivalente Oval. Ángulos de ataque, coeficientes de sustentabilidad y resistivo, relación de aspecto y área proyectada se mantuvieron constantes (Tabla 11).

**Tabla 11.** Redimensionamiento de portales utilizados en la simulación

Portalón	Ángulo de ataque	Cl	Cd	Cl/Cd	Largo (m)	Alto (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Relación de aspecto	Relación de área	Peso (kg)
Oval Foil	30	1,18	0,65	1,82	2,1	1,35	2,24	0,64	0,79	440
Polifoil	30	1,19	0,66	1,80	2,0	1,2	2,22	0,59	0,94	350
V3	33	1,65	0,58	2,84	1,6	1,23	1,68	0,77	0,85	270
Polivalente Oval	25	1	0,4	2,5	2,4	1,36	2,60	0,57	0,8	500
W horizontal tipo E	25	1,3	0,6	2,17	1,9	1,15	2,0	0,60	0,94	275
Reference Vee	25	0,96	0,55	1,75	2,04	1,35	2,7	0,66	0,98	440

Al haber realizado las simulaciones nuevamente con las nuevas dimensiones de cada portalón, todos cumplieron los criterios establecidos para la red, entregándonos los siguientes resultados:

**a) Desempeño de la red en arena fina:** una vez realizado el proceso de redimensionamiento, se obtuvo finalmente que todos los modelos de portales probados mediante simulación cumplen con el rango de aceptación de abertura y altura. En particular, la abertura de la boca de la red fluctuó entre 15,4 y 16,4 m, registrándose el menor valor para el caso de los portales Reference Vee y Polivalente Oval, el mayor valor para el portalón V3. En cuanto a la altura de boca, esta fluctuó entre 1,7 y 1,9 m siendo el menor para el portalón V3 y el mayor para los portales Reference Vee y Polivalente Oval.

Con respecto a las fuerzas, los valores para la tensión total del remolque fluctuaron entre 1074,3 y 1261,3 kgf, siendo el menor en el caso del portalón V3 y el mayor para el portalón Polivalente Oval. En la comparación de los portales simulados, y el portalón patrón Reference Vee, se calculó unos índices de referencia del cual se obtuvo portales los cuales disminuyen y aumentan porcentualmente las fuerzas que el arte aplica. El índice relativo de

tensión del remolque (IRTR) con respecto al portalón patrón fluctuó entre -14,7% y 0,1%, siendo la mayor disminución de esta fuerza para el portalón V3 y el aumento de fuerza para el portalón Polivalente Oval.

Para analizar la fuerza de reacción que aplican los portales simulados, se procedió al cálculo de un índice relativo de reacción con el fondo (IRRF), con respecto al portalón patrón. El índice relativo de reacción con el fondo fluctuó entre -69,21% y 27,7%, siendo la mayor disminución de esta fuerza para el portalón V3 y el aumento de esta fuerza para el portalón Polivalente Oval. En cuanto a los portales de mayor eficiencia, que disminuyen en gran manera esta fuerza, se obtuvo disminuciones de 64,7% y 69,21%, correspondiendo a los portales W horizontal tipo estrella y V3 respectivamente. Portales como Ovalfoil y Polifoil, disminuyen su reacción con el fondo con respecto al portalón patrón en 6,7% y 44,5% respectivamente. Al contrario, el único diseño de portalón simulado que aumenta su reacción con el fondo corresponde a Polivalente Oval en 27,7% (Tabla 12).

**Tabla 12.** Resultados finales simulación en arena fina, con portales redimensionados. IRRF: índice relativo de reacción con el fondo. IRTR: índice relativo de tensión del remolque.

	Abertura de la boca (m)	Altura de la boca (m)	Tensión total (kg)	IRTR (%)	IRRF (%)
Ovalfoil	15,6	1,8	1258,9	-0,07	-6,7
Polifoil	15,7	1,8	1185,2	-5,92	-44,5
Polivalente Oval	15,4	1,9	1261,3	0,1	27,7
W horizontal tipo estrella	15,9	1,8	1103	-12,4	-64,7
Reference Vee	15,4	1,9	1259,8	X	X
V3	16,4	1,7	1074,3	-14,7	-69,2

**b) Desempeño de la red en arena gruesa/grava:** En particular, la abertura de la boca de la red fluctuó entre 15,6 y 16,5 m, registrándose el menor valor para el caso de los portales Reference Vee y Polivalente Oval, y el mayor valor para el portalón V3. En cuanto a la altura de boca, esta fluctuó entre 1,7 y 1,8 m siendo el menor para el portalón V3 y el mayor para los portales Reference Vee, Polivalente Oval, Polifoil, Ovalfoil y W horizontal tipo estrella.

Con respecto a las fuerzas, los valores para la tensión total del remolque fluctuaron entre 1063,9 y 1222 kgf, siendo el menor en el caso del portalón V3 y el mayor para el portalón Polivalente Oval. En la comparación de los portales simulados, y el portalón patrón Reference Vee, se calculó unos índices de referencia del cual se obtuvo portales los cuales disminuyen y aumentan porcentualmente las fuerzas que el arte aplica. El índice relativo de tensión del remolque (IRTR) con respecto al portalón patrón fluctuó entre -12,4% y 0,6%, siendo la mayor disminución de esta fuerza para el portalón V3 y el aumento de fuerza para el portalón Polivalente Oval.

Para analizar la fuerza de reacción que aplican los portales simulados, se procedió al cálculo de un índice relativo de reacción con el fondo (IRRF), con respecto al portalón patrón. El índice relativo de reacción con el fondo fluctuó entre -71,6% y 29,6%, siendo la mayor disminución de esta fuerza para el portalón V3 y el aumento de esta fuerza para el portalón Polivalente Oval. En cuanto a los portales de mayor eficiencia, que disminuyen en gran manera esta fuerza, se obtuvo disminuciones de 66,9% y 71,6%, correspondiendo a los portales W horizontal tipo estrella y V3 respectivamente. Portales como Ovalfoil y Polifoil, disminuyen su reacción con el fondo con respecto al portalón patrón en 6,07% y 46,8% respectivamente. Al contrario, el único diseño de portalón simulado que aumenta su reacción con el fondo corresponde a Polivalente Oval en 29,6% (Tabla 13).

**Tabla 13.** Resultados finales simulación en arena gruesa/grava, con portales redimensionados. IRRF: índice relativo de reacción con el fondo. IRTR: índice relativo de tensión del remolque.

	Abertura de la boca (m)	Altura de la boca (m)	Tensión total del remolque (kg)	IRTR (%)	IRRF (%)
Ovalfoil	15,8	1,8	1215,5	0,07	-6,07
Polifoil	15,9	1,8	1159,6	-4,5	-46,8
Polivalente Oval	15,6	1,8	1222	0,6	29,6
W horizontal tipo estrella	16,1	1,8	1089,2	-10,3	-66,9
Reference Vee	15,6	1,8	1214,6	X	X
V3	16,5	1,7	1063,9	-12,4	-71,6

## 6. DISCUSIÓN

El estado de las pesquerías de crustáceos en Chile exige que los desafíos futuros estén orientados a asegurar niveles estables de biomasa o bien recuperar estas poblaciones. Así también, la eficiencia de un barco de arrastre puede ser expresado como una relación entre el valor de las capturas del recurso y los gastos implicados para lograr esta captura. Debido a la existencia de cuotas definidas para cada pesquería y la distribución de éstas en cada subsector, es poco probable pescar más cantidad de recursos, por lo tanto el mantenimiento de niveles aceptables en la productividad se realizaría con mejoras tecnológicas, encaminadas principalmente a reducir los costos de combustible (Messina, 2006). Entonces, dado que la condición actual impide aumentar la cantidad de capturas para obtener mayores beneficios, una mayor eficiencia operacional puede llevar a la disminución de los costos. En el presente estudio se utilizó datos de materiales y componentes utilizados en el arte de arrastre de fondo, los cuales disminuyen fuerzas e impactos en comparación a los utilizados actualmente en la pesquería, con el objetivo de poder disminuir la tracción y, de este modo, reducir el consumo de combustible. Una externalidad positiva en este caso estará dada por la reducción del impacto ambiental, ya sea, en el sustrato marino o por la contaminación causada por la emisión de gases de los motores diesel.

Lo anterior está en directa relación con la Política Pesquera Común de la Comisión Europea dado que se establece que las medidas apuntan a la mantención de las poblaciones o la recuperación de estas, así como mantener la biodiversidad y reducir el impacto ambiental de las actividades pesqueras (Polet *et al.*, 2006).

Actualmente las pesquerías de arrastre de fondo han sido fuertemente cuestionadas por los impactos adversos que genera tanto en las comunidades bentodemersales como los hábitats (Jones, 1992; Kaiser *et al.*, 2002; Hinz *et al.*, 2009). Por esto, la correcta selección de los materiales y los componentes del arte es de gran importancia para lograr reducir el impacto ambiental y, además con esto lograr una reducción en los costos de la operación. La utilización de fibras de un menor diámetro, como las utilizadas en los paños de la red de arrastre prototipo, da lugar a una menor fricción y reducir el consumo de combustible (Van Marlen, 2009). Uno de los principales cambios en la nueva red consistió en la sustitución de los materiales usados tradicionalmente por la flota, en particular, reemplazando los paños de poliamida (nylon) por paños de polietileno, los cuales poseen una densidad menor que la densidad del agua de mar, además de usar hilos de menor diámetro. Estos cambios determinan una reducción de la resistencia al avance en la nueva red, hecho que ha sido demostrado y ratificado en otras pesquerías de arrastre a nivel mundial (O'Neill *et al.*, 2005).

Específicamente, este trabajo se centró en la selección de un portalón eficiente para la red de arrastre de crustáceos prototipo, en el cual se reduzcan fuerzas de tracción y reacción con el fondo. Los portalones se consideran como la fuente más significativa de impacto con el fondo, creando surcos profundos en el sustrato que pueden ser vistos por el sonar o en filmaciones del fondo submarino (Valdemarsen *et al.*, 2007). Se ha indicado que existen cuatro métodos para reducir el impacto final de los portalones: i) Uso de portalones con una relación de aspecto superior (Alto/Largo), ii) utilización de un ángulo de ataque inferior con

respecto a la dirección del remolque, iii) uso de una menor longitud del cable de cala con relación a la profundidad de pesca, y iv) aparejo despegado del fondo de los portalones (que el portalón no vaya siendo arrastrado en contacto con el fondo) (Valdemarsen *et al.*, 2007).

Con respecto al primer método, en este trabajo se obtuvo que el portalón más eficiente es el de relación de aspecto superior, que corresponde al portalón V3 con una relación de aspecto de 0,77. Aún con este resultado, este método no se cumple en la totalidad de los portalones estudiados, ya que el segundo portalón más eficiente, que corresponde a W horizontal tipo estrella con una relación de aspecto de 0,60 se encuentra en el cuarto lugar de orden descendente de relación de aspecto. Así mismo, con los demás se demostró que su grado de eficiencia no está en directa relación con su relación de aspecto (Ver ANEXO II, Tablas de comparación de posición (ranking) de portalón en grado de eficiencia vs. Relación de aspecto).

Respecto al ángulo de ataque del portalón, este trabajo no avanzó en analizar el efecto de distintos ángulos, ya que usó con la relación óptima entre Cl/Cd donde se maximiza la abertura y se reduce la resistencia del arte. Comúnmente un portalón eficiente tendrá una relación de Cl/Cd entre 1,6 y 1,8 a 35° en ángulo de ataque (Rihan & Mhara, 2006), hecho que se cumple en todos los casos de los portalones analizados, siendo eficaces para que la red opere, e incluso en portalones como W horizontal tipo estrella y V3 estos superan con creces los valores de relación anteriormente mencionados, con valores Cl/Cd de 2,17 y 2,84 respectivamente, a un ángulo de ataque de 25° para W horizontal tipo estrella y 33° para V3. Lo anterior da una primera impresión de cuáles eran los portalones más eficientes y obtendrían los menores valores de tracción del remolque y reacción con el fondo.

Respecto a la longitud del cable de cala, esta se encuentra comúnmente en la relación de 3 a 5 veces la longitud de profundidad del fondo (SEAFDEC, 2008). No obstante lo anterior, en la pesquería nacional la relación cable/profundidad es menor, oscilando entre 1,9-2,3:1 según lo indicado por Melo *et al.* (2004), lo cual puede explicarse por la topografía marina en las costas de Chile y el fondo accidentado que estas poseen. El uso de cables de cala demasiado cortos en relación con la profundidad del agua, es decir, con una relación menor a 3:1, presenta algunos inconvenientes. La componente vertical de la tensión del cable de cala aumenta conforme se acorta la longitud de este mismo, por lo que el portalón acaba ascendiendo y separándose del fondo (FAO, 1974). Con todo lo anterior, disminuir aún más la longitud del cable de cala, resulta imposible en la pesquería nacional, ya que ya se está utilizando una longitud de cable de cala con respecto a la profundidad que no supera las relaciones mínimas utilizadas en las pesquerías internacionales.

En cuanto al cuarto método (reduciendo contacto con el fondo), los avances tecnológicos en los diseños de portalones han permitido que algunos de estos operen despegados del fondo, a condiciones operacionales determinadas. Lamentablemente la topografía de las costas nacionales, no permite la utilización de estos, ya que para la correcta operación de estos el fondo no debe ser accidentado y poco parejo, para no estar en constante levantamiento de la red del fondo. Es importante destacar que diversas estimaciones indican que la contribución de los portalones a la resistencia total del arte fluctúa entre 24 y 30%

(Valdemarsen & Hansen, 2006; Seafish *et al.*, 1993; BIM, 2009; Germain *et al.*, 2012), por lo que utilización de portalones más eficientes y de menor tamaño pueden ayudar a reducir la tracción total del arte y el consumo de combustible.

Además del impacto con el fondo, la utilización de motores diesel en las embarcaciones posee otro tipo de impacto ambiental. Los motores diesel aportan las principales fuentes de energía para el transporte marítimo, sin embargo, las emisiones de estos motores también amenazan gravemente el medio ambiente y son considerados como una de las principales fuentes de contaminación del aire, causando problemas tales como la destrucción de la capa de ozono, el aumento del efecto invernadero y la lluvia ácida (Lin & Huang, 2003). Con esto una mayor eficiencia del uso del combustible, también reducirá la contaminación del medio ambiente y el calentamiento global (Bjørshol, 2007). Tyedmers *et al.* (2005) estimaron que el consumo mundial de combustible anual es de 50 billones de litros, siendo un problema económico y ambiental (Parente *et al.*, 2008) al cual las flotas arrastreras aportan de manera significativa, consumiendo entre 0,5 y 1,5 litros por cada kilogramo de captura obtenida (Thrane, 2004; Winther *et al.*, 2009; ICES, 2010).

En el presente trabajo se estimó que los portalones más eficientes (W horizontal tipo estrella y V3) redujeron entre 10 y 15% la resistencia total del arte, dependiendo del modelo y tipo de sustrato. Si bien, no se estimó el efecto en el consumo del combustible, es posible considerar algunos trabajos realizados anteriormente en México, Colombia y Chile los cuales determinaron que una reducción de la resistencia total del arte entre 20 y 35%, genera un ahorro de combustible entre 23 y 43% (Zúñiga *et al.*, 2006; Rico-Mejía and Rueda, 2007; Melo *et al.*, 2008; Heredia-Quevedo, 2010). A partir de lo anterior, se podría esperar que el cambio de portalones determinado en este trabajo reduzca entre un 10 y 20% el consumo de combustible para el arte de crustáceos prototipo. Cabe considerar que en una pesquería de contexto internacional, hasta un 70 y 80% del combustible es utilizado durante el remolque del arte de pesca (Angevin, 2012).

En este estudio se logró un valor de reducción de resistencia del remolque que bordea el 15% en sustrato de arena fina y un valor que bordea al 13% en sustrato arena gruesa/grava, en reducción del remolque total con el solo hecho de cambiar al portalón más eficiente V3, este corresponde al portalón que reduce mayormente los valores de tracción del remolque del arte y reacción con el fondo, en ambos tipos de sustratos. Los resultados de la simulación varían según el tipo de sustrato, esto producto del coeficiente friccional que posee cada sustrato, para arena fina 0,6 y para arena gruesa/grava 0,4 (Fridman, 1986).

Por otra parte, la reacción con el fondo es raramente estudiada por lo cual no existe registro del nivel de penetración o reacción que puede tener un portalón en el fondo en pesquerías de arrastre nacionales. Principalmente lo que afecta en el grado de penetración de un portalón en el sustrato marino corresponde al peso de este, aunque también se vio afectado en el estudio por la eficiencia de abertura, el tipo de fondo, diseño del portalón. En el presente estudio se usó el portalón actualmente utilizado por la pesquería, correspondiente a Reference Vee como portalón patrón, y a partir de este se analizaron las disminuciones porcentuales de reacción con el fondo para los cinco portalones restantes. El portalón más eficiente,



correspondiente a V3 disminuyó 69,2% para fondo arena fina y 71,6% para fondo arena gruesa/grava; para el portalón menos eficiente, correspondiente a Polivalente oval aumento 27,7% para fondo arena fina y 29,6% para fondo arena gruesa/grava. Un gran efecto de estas variaciones de reacción con el fondo corresponde al peso de los portalones, V3 posee un peso de 270 kg, mientras que Polivalente oval posee un peso de 500 kg, demostrando así el grado de penetración y de reacción con el fondo que posee cada uno de estos. Se pudo observar claramente, que al pasar de un fondo de arena fina a un fondo de arena gruesa/grava, ocurre una considerable disminución de las fuerzas verticales y el grado de penetración que posee el portalón, esto al contrario de la tracción de remolque que aumenta en mayor grado en arena fina que en arena gruesa/grava. Cabe destacar, que la simulación solo considera variables como la velocidad de arrastre, profundidad de operación y coeficiente friccional del fondo, y omite valores de corrientes, oleaje, etc. por lo que los resultados solo deben ser considerados como una aproximación de la realidad.

El arrastre como forma de pesca responsable y sustentable, cuenta como principales enemigos las capturas accidentales, el impacto negativo sobre el hábitat y su alta demanda de energía. La pesca de arrastre de fondo se considera una de las mayores, y más ampliamente distribuidas, fuentes de impacto antropogénico sobre la plataforma y el talud continental, en los que puede modificar intensamente la estructura de sus comunidades bentónicas (Jones, 1992). No sólo por sus conocidos efectos directos negativos sobre el conjunto de la flora y la fauna sino también por sus efectos sobre el sedimento. El objetivo de desarrollar mecanismos para ajustar el rendimiento del arte, como pescar sin tocar el fondo resulta una solución obvia para reducir el impacto en el fondo. Por tanto, el desarrollo de nuevas tecnologías en la pesca de arrastre, ayudará de manera que el impacto sobre el fondo sea nulo o mínimo (Simrad, 2012). Las redes demersales tradicionales tienen varios componentes que entran en contacto directo con el fondo marino. Por esto, variar el diseño de estos componentes determinará su impacto en el fondo.

Muchos instrumentos de gestión sumados a una exigencia creciente en términos de introducir cambios para asegurar la conservación de las poblaciones y disminuir el impacto ambiental exigen mejoras tecnológicas en los sistemas de pesca extractiva, y con mayor énfasis, en los artes de arrastre (Seafish, 2009). Por esto, es posible conjugar la disminución del impacto sobre los ecosistemas bentónicos con la mejora del rendimiento económico de las empresas pesqueras (Simrad, 2012). A partir de todo lo anterior, con este estudio se logró dar un paso en avances tecnológicos, e implementar nuevos componentes, en este caso el portalón, a un arte de arrastre que ya minimiza en si valores de tracción de remolque y reacción con el fondo, haciendo que este sea mucho más eficiente. Además de tener un menor impacto ambiental, se genera un posible ahorro de combustible considerable y mayor eficiencia en la operación tanto en ámbito económico y ambiental.

## 7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, es posible concluir que:

- Se identificaron seis diseños de portalones que pueden ser utilizados para el arte de arrastre de crustáceos prototipo, los que en términos generales corresponden a: Rectangular plano, Rectangular en V, Rectangular curvado, Oval curvado, Oval plano y Oval en V. A partir de los diseños de portalones se seleccionó seis modelos de portalones para ser evaluados en el arte de crustáceos prototipo, correspondiendo cada uno de estos a un diseño diferente. Estos corresponden a: Ovalfoil (Oval plano), Polifoil (Rectangular plano), V3 (Oval en V), Polivalente oval (Oval curvado), W horizontal tipo estrella (Rectangular curvado) y Reference Vee (Rectangular en V), este último utilizado como portalón patrón.
- A partir de la simulación dinámica de los portalones con peso estándar de 440 kg se determinó que sólo dos modelos cumplieron con los objetivos de diseño del arte, en términos de altura y abertura de la boca de la red, correspondiendo a Reference Vee y Ovalfoil. Los restantes portalones debieron ser redimensionados para cumplir los criterios de desempeño del arte.
- Luego del redimensionamiento, se determinó que el portalón patrón (Reference Vee) y el portalón Polivalente Oval presentaron los mayores valores de resistencia hidrodinámica y mayor reacción con el fondo, siendo entonces los menos eficientes.
- De los cuatro modelos de portalones restantes, el más eficiente en términos de resistencia hidrodinámica y reacción con el fondo fue el portalón V3, seguido de W horizontal tipo estrella, luego Polifoil y finalmente Ovalfoil.
- Las propiedades del portalón V3 para la red prototipo correspondieron a: 1,23 m de altura, 1,6 m de largo y 270 kg de peso. En términos resistivos totales, la resistencia del arte fue 1074,3 kg en arena fina y 1063,9 kg en arena gruesa/grava. Respecto a la interacción con el fondo marino, este portalón reduce en un 69,2% la fuerza de reacción en fondos de arena fina respecto al portalón patrón (Reference Vee) y en un 71,6% en fondos de arena gruesa/grava respecto al portalón patrón.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, S. Palma, P. Rosenberg, T. Melo, D. Queirolo, R. Bahamonde, M.A. Barbieri & C. Canales. 2003.** Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2003-05, 297 pp.
- Benoit, V. 2005.** Tutorial DynamiT, IFREMER. 59 pp.
- BIM, 2009.** Improving fuel efficiency on fishing vessels. BIM user friendly guides N° 7.
- Bjørshol, N.H. 2007.** Design concept for low energy fishing vessel. SINTEF Fisheries and Aquaculture, Trondheim, Norway. ICES CM 2007/M:07.
- Eurored Vigo. 2013.** Catálogo de puertas de arrastre Morgere. 16 pp  
[http://www.euroredvigo.com/pdf/06\\_Puertas\\_de\\_arrastre.pdf](http://www.euroredvigo.com/pdf/06_Puertas_de_arrastre.pdf).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010.** El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, Roma, Italia.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1974.** Forma y Funcionamiento de la Puerta de Arrastre. FAO Manuales de pesca, Roma, Italia. 87pp.
- Fisheries Research Service. 2004.** An introduction to commercial fishing gear and methods used in Scotland. R D Galbraith and A Rice after E S Strange, FRS Marine Laboratory, Aberdeen.
- Fridman, A.L. 1986.** Calculations for fishing gear designs. FAO Fishing manuals. Fishing news books, Farnham, Surrey, England. 241pp.
- Germain, G., E. Bouhoubeiny, I. Mnasri, R. Khaled, P. Druault, B. Vincent, D. Priour & J.Y. Billard. 2012.** HydroPêche: experimental and numerical developments for fishing devices optimization.
- Heredia-Quevedo, J.A. 2010.** Fuel saving: the goal in designing fishing nets. In: Proceedings of the National Oceanic and Atmospheric Administration Symposium on Energy use in Fisheries: Improving Efficiency and Technological Innovations from a Global Perspective, Seattle, WA, USA, 14–17 November 2010.
- Hinz, H., V. Prieto & M.J. Kaiser. 2009.** Trawl disturbance on benthic communities: chronic effects and experimental predictions. *Ecological Applications* 19, 761–773.

- ICES, 2010.** Report of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behavior (WGFTFB). ICES Fisheries Technology Committee. ICES CM 2010/SSGESST:14, 252 pp.
- IFOP, 2009.** Investigación situación pesquería crustáceos demersales.
- Jones, J.B. 1992.** Environmental impact of trawling on the seabed: a review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 26, 59–67.
- Kaiser, M.J., J.S. Collie, S.J. Hall, S. Jennings & I.R. Poiner. 2002.** Modification of marine habitats by trawling activities: Prognosis and solutions. *Fish and Fisheries* 3(2), 114–136.
- Lin, C.-Y. & Huang, J.-C. 2003.** An oxygenating additive for improving the performance and emission characteristics of marine diesel, *Ocean Engineering*.
- Melo, T., P. Arana, P. Pavez, C. Hurtado, J. Marabolí & D. Queirolo. 2003.** Evaluación de dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de crustáceos demersales. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2001-23, 304 pp.
- Melo, T., D. Queirolo, C. Hurtado & E. Gaete. 2004.** Determinación *in situ* del contacto de redes de arrastre de fondo. *Investigaciones marinas*. Vol. 32 (2): 91-97.
- Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, E. Gaete, R. Escobar, I. Montenegro, V. Zamora, J. Merino & E. Rasse. 2008.** Rediseño de redes de arrastre de crustáceos. Proyecto FIP N° 2006-20. 142 pp.
- Messina, G., 2006.** Some technological contributions to fuel savings in trawlers. Conference on energy efficiency in fisheries. Séminaire sur les économies d'énergie à la pêche.
- O'Neill, F.G., L.H. Knudsen, D.A. Wileman & S.J. McKay. 2005.** Cod-end drag as a function of catch size and towing speed. *Fisheries Research* 72, 163–171.
- Parente, J., P. Fonseca, V. Henriques & A. Campos. 2008.** Strategies for improving fuel efficiency in the Portuguese trawl fishery. *Fisheries Research*.
- Polet, H., J. Depestele, H. Stouten & E. Vanderperren. 2006.** Moving from beam trawls towards multi-rig ottertrawls—and further. Conference on energy efficiency in fisheries. Séminaire sur les économies d'énergie à la pêche.
- Queirolo, D., H. DeLouche & C. Hurtado. 2009.** Comparison between dynamic simulation and physical model testing. *Fisheries Research*, 97: 86-94.
- Queirolo, D., M. Ahumada, C. Hurtado, T. Melo, E. Gaete, R. Escobar, I. Montenegro, J. Merino & V. Zamora. 2010.** Evaluación del desempeño operativo de la nueva red de arrastre en pesquerías de crustáceos demersales. Proyecto FIP N° 2008-26. 166 pp.

- Rico-Mejía, F. & M. Rueda. 2007.** Bioeconomic evaluation of changes in fishing technology of shrimp-trawl nets in shallow waters of the Colombian Pacific coast. *Bol. INVEMAR* 36, 79–109.
- Seafish, IFREMER & DIFTA. 1993.** Otterboard Performance and Behaviour. Commission of the European Communities. 158pp.
- SERNAPESCA, 2011.** Anuarios estadísticos de pesca año 2011.
- Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC). 2008.** Guideline for trawl fishing survey/operation.
- Seafish. 2005.** Basic Fishing Methods.
- Simrad. 2012.** Proyecto Crisp, una innovadora aproximación a la pesca sostenible. *Revista A Fondo* N° 5: 5-12 pp.
- SUBPESCA. 2003.** Pesquerías de arrastre de fondo de crustáceos demersales dentro del área de reserva artesanal. Informe técnico (R.PESQ.) N°94: 6 pp.
- Thrane, M. 2004.** Energy consumption in the Danish fishery: identification of key factors. *J. Ind. Ecol.* 8, 223–239.
- Tyedmers, P.H., R. Watson & D. Pauly. 2005.** Fueling global fishing fleets. Royal Swedish Academy of Sciences. *Ambio* Vol. 34, n° 8.
- Valdemarsen, J.W., T. Jørgensen & A. Engås. 2007.** Options to mitigate bottom impact of dragged gears. FAO.
- Valdemarsen, J.W. & K. Hansen. 2006.** Innovations in trawl components that reduce the trawl drag. Conference on energy efficiency in fisheries. Séminaire sur les économies d'énergie à la pêche.
- Van Marlen, B. 2009.** Energy saving in fisheries. Institute for Marine Resources and ecosystem studies. (ESIF) FISH/2006/17 LOT3-Final Report.
- Winther, U., F. Ziegler, E. Skontorp Hognes, A. Emanuelsson, V. Sund & H. Ellingsen. 2009.** Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products. SINTEF Report Nr. SHF80 A096068, 91 pp.
- Zilleruelo, M, C. Bravo, D. Parraga & C. Montenegro. 2007.** Investigación situación pesquería crustáceos, 2006. Informe final. SUBPESCA/IFOP. 134 pp + anexos.
- Zúñiga, H., J. Sánchez, J. Altamar & L. Manjarrés. 2006.** Evaluación técnica y económica de innovaciones en el sistema de arrastre de la flota industrial camaronera

del Caribe colombiano. In: Zúñiga, H, *et al.* (Eds.), Evaluación de innovaciones en la tecnología de captura de la pesquería industrial de arrastre camaronero del caribe colombiano, con fines ecológicos y de productividad. Informe Técnico, Universidad del Magdalena-INCODER-DISTAGEF/FAO-INVEMAR, Santa Marta, 182 pp.

### **Referencias Electrónicas**

**Angevin, Y., 2012.** Fuel – efficiency guide. [www.frdc.com.au/commercial/energy.php](http://www.frdc.com.au/commercial/energy.php)

**Rihan, D., B.I. Mhara, 2006.** Fuel efficient fishing gear. BIM.

**Seafish, 2009.** The seafish guide to bottom trawl.

## 9. ANEXOS

### ANEXO I. Ingreso de datos software de simulación dinámica, DynamiT

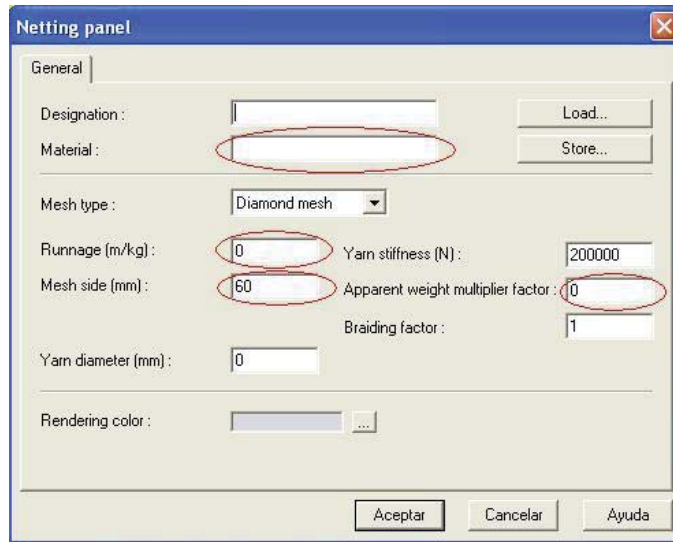


Figura 12. Herramienta DynamiT, Netting Panel Fuente: DynamiT

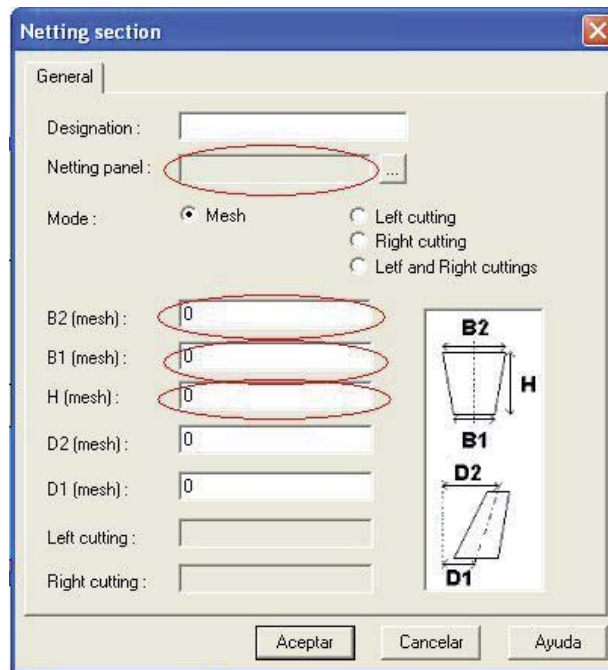


Figura 13. Herramienta DynamiT, Netting section Fuente: DynamiT

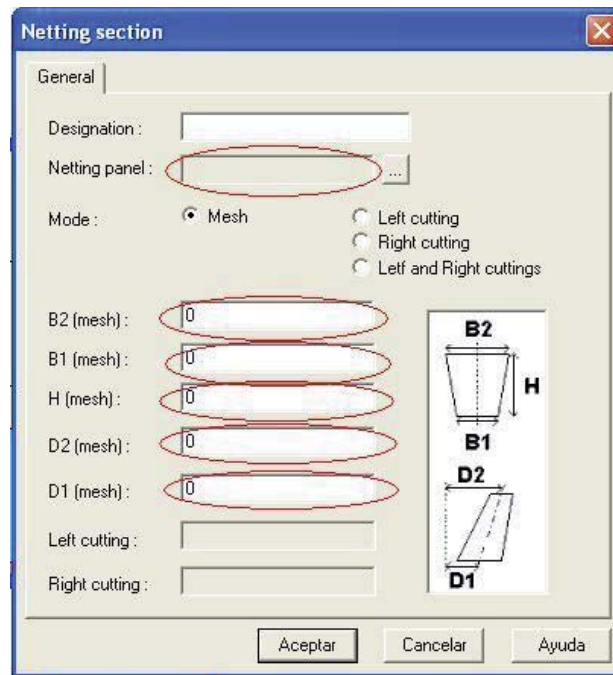


Figura 14. Herramienta Netting section “Alas” Fuente: DynamiT

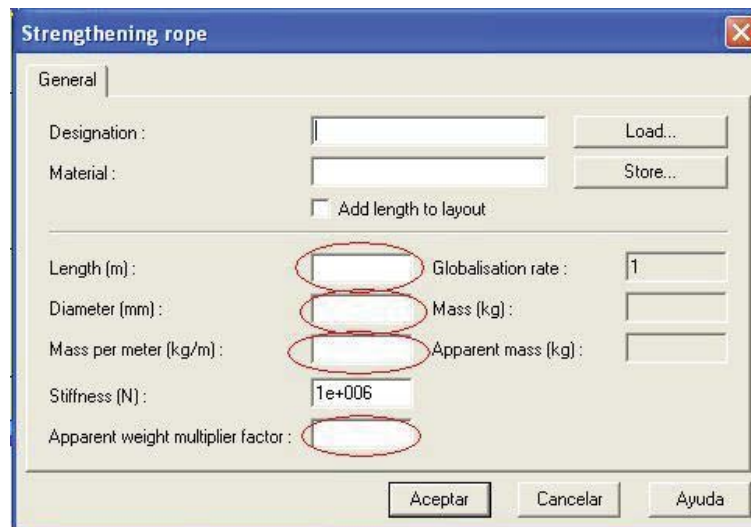
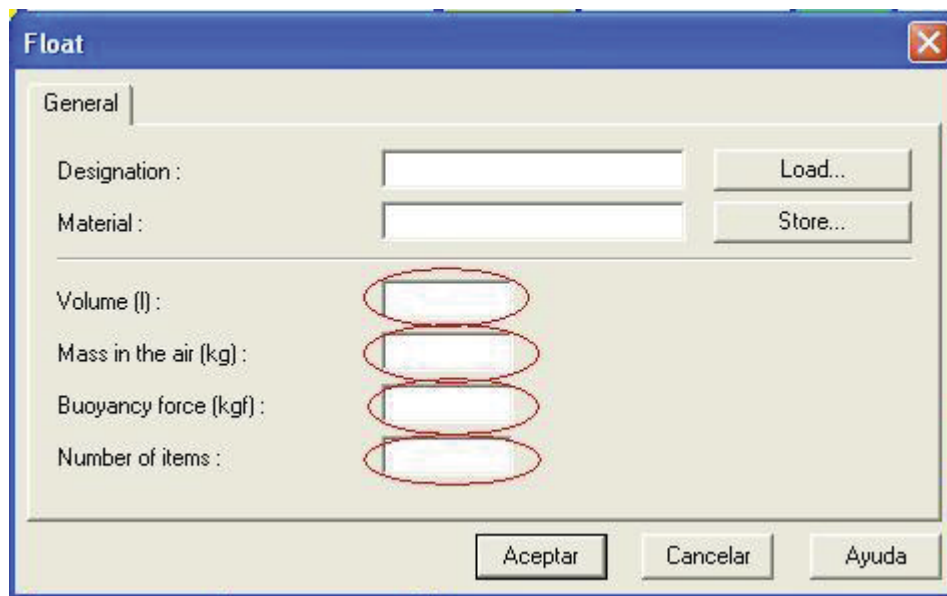
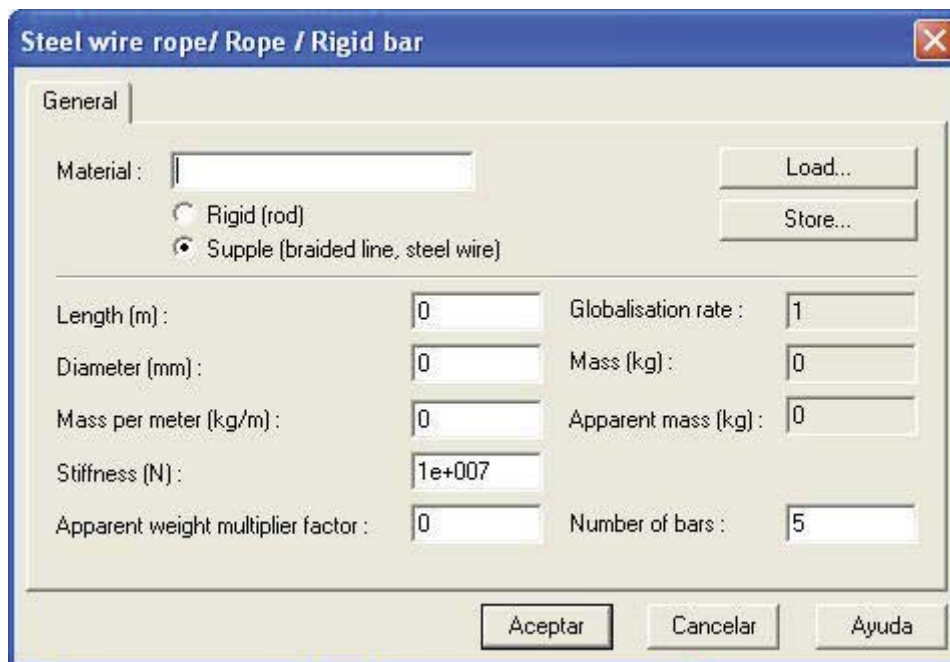


Figura 15. Herramienta DynamiT, Strengthening rope Fuente: DynamiT

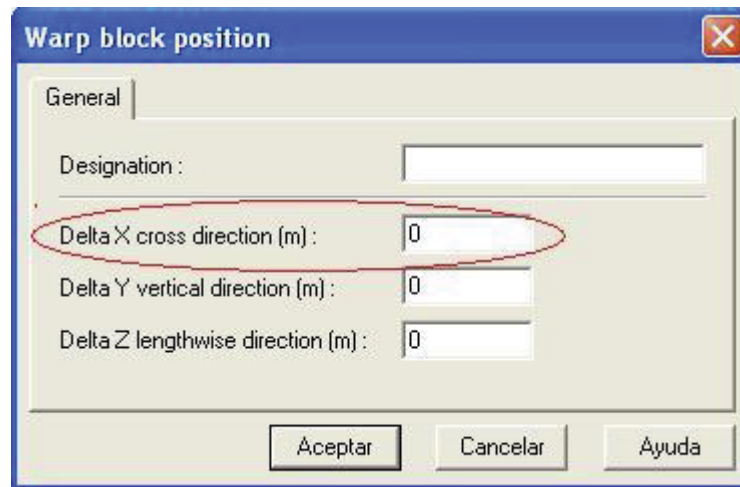




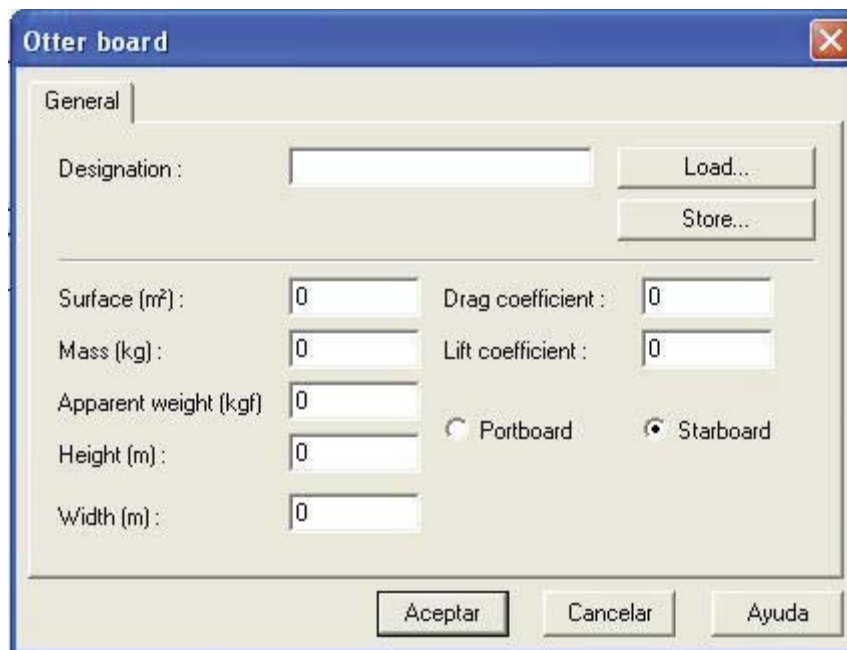
**Figura 16.** Herramienta DynamiT, Add float Fuente: DynamiT



**Figura 17.** Herramienta DynamiT, Steel wire rope/Rope/Rigid bar Fuente: DynamiT



**Figura 18.** Herramienta DynamiT, Warp block position Fuente: DynamiT



**Figura 19.** Herramienta DynamiT, Otter board Fuente: DynamiT

**ANEXO II. Tablas de comparación de posición (ranking) de portalón en grado de eficiencia vs. Relación de aspecto**

Posición de portalón en grado de eficiencia, para ambos tipos de fondo y con respecto a la tracción del remolque y reacción con el fondo.

<b>Eficiencia de portalones, orden descendente</b>			
<b>Arena fina</b>		<b>Arena gruesa/grava</b>	
<b>Tracción remolque</b>	<b>Reacción con el fondo</b>	<b>Tracción remolque</b>	<b>Reacción con el fondo</b>
V3	V3	V3	V3
W horizontal tipo E	W horizontal tipo E	W horizontal tipo E	W horizontal tipo E
Polifoil	Polifoil	Polifoil	Polifoil
Ovalfoil	Ovalfoil	Reference Vee	Ovalfoil
Reference Vee	Reference Vee	Ovalfoil	Reference Vee
Polivalente Oval	Polivalente Oval	Polivalente Oval	Polivalente Oval

Posición de portalón con respecto a su relación de aspecto, en orden descendente.

<b>Relación de aspecto portalones, orden descendente</b>
V3
Reference Vee
Ovalfoil
W horizontal tipo E
Polifoil
Polivalente Oval